



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 8 月 1 4 日
Date of Application:

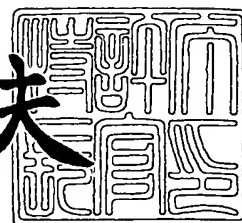
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 2 9 3 3 7 9
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 2 9 3 3 7 9]

出 願 人 アルプス電気株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 3 0 3 8

【書類名】 特許願
【整理番号】 03A150AL
【提出日】 平成15年 8月14日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G11B 5/31
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚1番7号 アルプス電気株式会社社内
 【氏名】 佐藤 清
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚1番7号 アルプス電気株式会社社内
 【氏名】 森田 澄人
【特許出願人】
 【識別番号】 000010098
 【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100085453
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 野▲崎▼ 照夫
【選任した代理人】
 【識別番号】 100121049
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 三輪 正義
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2002-339356
 【出願日】 平成14年11月22日
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003- 66248
 【出願日】 平成15年 3月12日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 041070
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0202405

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

記録媒体との対向面側からハイト方向に延びて形成された下部コア層と、前記対向面からハイト方向に所定距離離れた位置で前記下部コア層と直接又は間接的に接続される磁性層と、前記磁性層の周囲をトロイダル状に巻回するコイル層とを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記下部コア層上に、前記磁性層と交叉する方向に伸長している複数本の第 1 コイル片が、ハイト方向に所定間隔を空けて形成され、前記第 1 コイル片はコイル絶縁層によって覆われて、このコイル絶縁層の上に前記磁性層が形成され、

前記磁性層上に絶縁層を介して、前記磁性層上を横断する複数本の第 2 コイル片が形成されており、

前記磁性層のトラック幅方向における両側に、前記コイル絶縁層上から前記第 1 コイル片のトラック幅方向における端部と電氣的に接続される持ち上げ層が設けられ、

各第 2 コイル片のトラック幅方向における端部が、前記持ち上げ層の上面に電氣的に接続されて、隣りあう前記第 1 コイル片の端部どうしが、前記第 2 コイル片を介して接続されることにより前記トロイダル状に巻回するコイル層が形成されていることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】

前記下部コア層上に、下から下部磁極層、非磁性金属材料で形成されたギャップ層及び前記磁性層である上部磁極層の順にメッキ形成された積層構造が設けられて、この積層構造の前記対向面でのトラック幅方向における幅寸法でトラック幅 T_w が決定され、前記持ち上げ層も少なくとも下から前記下部磁極層と同じ材料層、ギャップ層と同じ材料層及び上部磁極層と同じ材料層の順に形成された積層構造を有する請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】

前記磁性層は、前記上部磁極層の上に前記上部磁極層よりも飽和磁束密度が低い上部コア層がメッキ形成されているものであり、前記持ち上げ層にも、前記上部磁極層と同じ材料層の上に前記上部コア層と同じ材料層が形成されている請求項 2 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4】

前記下部コア層の上に、少なくとも下から下部磁極層、非磁性金属材料で形成されたギャップ層及び上部磁極層の順にメッキ形成され、記録媒体との対向面側の端面のトラック幅方向における幅寸法でトラック幅 T_w が規定される磁極端層が設けられ、前記磁極端層の上に前記磁性層が積層されている請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 5】

前記磁性層は、前記上部磁極層よりも飽和磁束密度が低い請求項 4 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 6】

前記持ち上げ層が前記磁性層と同じ材料層として形成されている請求項 4 または 5 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 7】

前記持ち上げ層には、前記磁性層と同じ材料層の上に少なくとも一段の段差を介して形成された持ち上げ調整層があり、前記持ち上げ調整層の上面は、前記磁性層または前記上部コア層の上面よりも高い位置にある請求項 2、3 または 6 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 8】

前記ギャップ層及び前記ギャップ層と同じ材料層は、NiP、NiReP、NiPd、NiW、NiMo、NiRh、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Cr のうち 1 種または 2 種以上の材質が選択されてメッキ形成されたものである請求項 2 ないし 7 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 9】

前記持ち上げ層は、Cu、FeNi、Ni、Au、FeCo、FeCoRh、FeCoNi から選ばれた 1 層あるいは 2 層以上の層の上に Ni、CuNi、NiP から選ばれた 1 層あるいは 2 層以上の保護膜が形成された積層構造を有する請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 10】

前記持ち上げ層には、前記積層構造の上に少なくとも一段の段差を介して形成された持ち上げ調整層があり、前記持ち上げ調整層の上面は、前記磁性層の上面よりも高い位置にある請求項 9 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 11】

前記持ち上げ層は、下面から上面にかけて膜面方向への面積が一定で、導電性を有する材料の単層あるいは多層構造であり、前記持ち上げ層の上面は、前記磁性層の上面よりも高い位置にある請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 12】

少なくとも一組の隣り合う前記第 1 コイル片において、前記第 1 コイル片間の、ハイト方向に隣りあう端部と端部の距離が、これらの前記第 1 コイル片間の前記磁性層に重なる領域における最小距離より大きい請求項 1 ないし 11 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 13】

前記複数本の第 1 コイル片は、前記磁性層と重なる領域において、互いに平行に形成されている部位を有する請求項 12 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 14】

少なくとも一組の隣り合う前記第 2 コイル片において、前記第 2 コイル片間の、ハイト方向に隣りあう端部と端部の距離が、これらの前記第 2 コイル片間の前記磁性層に重なる領域における最小距離より大きい請求項 1 ないし 13 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 15】

前記複数本の第 2 コイル片は、前記磁性層と重なる領域において、互いに平行に形成されている部位を有する請求項 14 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 16】

前記第 2 コイル片の電流が流れる方向と直交する第 1 の方向の長さ寸法は、前記第 1 コイル片の前記第 1 の方向の長さ寸法よりも大きい請求項 1 ないし 15 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 17】

前記第 2 コイル片の膜厚は、前記第 1 コイル片の膜厚よりも大きい請求項 1 ないし 16 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【書類名】明細書

【発明の名称】薄膜磁気ヘッド

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば浮上式磁気ヘッドなどに使用される記録用の薄膜磁気ヘッドに係り、特に、磁極層を挟んで上下に形成される第1コイル片と第2コイル片との電気的な接続を確実且つ容易に行うことができるとともに、前記第2コイル片と前記磁極層間の絶縁性を良好に保つことが可能な薄膜磁気ヘッドに関する。

【背景技術】

【0002】

以下に示す公知文献には、いずれもインダクティブヘッド（記録用ヘッド）を構成するコアの周りをトロイダル状に巻回されたコイル層の構成が開示されている。

【0003】

前記コア層の周囲の三次元的な空間を有効活用するには、前記コイル層をトロイダル状にすることが好ましく、これによってインダクティブヘッドの小型化を実現できるとともに、磁化効率も良好になると期待された。

【特許文献1】特開平11-273028号公報

【特許文献2】特開2000-311311号公報

【特許文献3】特開2002-170205号公報

【特許文献4】US6,335,846 B1

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

これら文献ではいずれもコア層（例えば上部磁極層）の下側に形成された下側コイル層と、前記コア層の上側に形成された上側コイル層とを接続部を介して電氣的に接続することが記載されている。

【0005】

例えば上記した特許文献2や特許文献3によれば、前記下側コイル層上を覆う絶縁層と、前記コア層上から前記コア層のトラック幅方向の両側に形成される絶縁層とに、イオンミリングなどのエッチング技術を用いて貫通孔を形成し、この貫通孔内に接続部を形成し、前記貫通孔から露出した前記接続部の上面を、前記上側コイル層の端部と接続させるとしている。これらの文献には、前記下側コイル層、上側コイル層及び接続部を記録媒体との対向面側から見た正面図が図示されていないが、上記した記載内容からすると正面図は簡単に示せば図20のようになっていると考えられる。

【0006】

しかしながら図20に示すように、コア層の上面と絶縁層（1）の上面との間には段差があるため、前記コア層の上及び側方を覆う絶縁層（2）にも段差が生じてしまう。従って前記絶縁層（2）上に前記上側コイル層を形成する際のパターンニング精度が低下し、特に接続部上に形成されるレジストパターンが露光現像によってうまくレジスト抜けしないなどして、前記パターン内にメッキ形成される前記上側コイル層の端部と接続部間を確実に電気接続させにくい。

【0007】

また前記コア層の上及び側方を覆う絶縁層（2）に段差が生じることで、前記コア層の側方に前記絶縁層（2）が付着しにくい。このため特に前記コア層の側方と前記上側コイル層間での絶縁性が良好に保たれないといった問題もある。そこで絶縁不良の問題を解決するには、前記絶縁層（2）の膜厚を厚くすることが最も簡単な解決策の一つであるが、これによって前記絶縁層（1）と絶縁層（2）との総合膜厚が非常に厚くなる結果、前記絶縁層（1）と絶縁層（2）とを貫通する貫通孔を下側コイル層の上面に届くまで掘り下げて形成しにくくなり、前記下側コイル層と接続部間の電气的な接続が不安定化してしまう。

【0008】

そこで本発明は上記従来の課題を解決するためのものであり、特に、磁極層を挟んで上下に形成される第1コイル片と第2コイル片との電氣的な接続を確実且つ容易に行うことができるとともに、前記第2コイル片と前記磁極層間の絶縁性を良好に保つことが可能な薄膜磁気ヘッドを提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、記録媒体との対向面側からハイト方向に延びて形成された下部コア層と、前記対向面からハイト方向に所定距離離れた位置で前記下部コア層と直接または間接的に接続される磁性層と、前記磁性層の周囲をトロイダル状に巻回するコイル層とを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記下部コア層上に、前記磁性層と交叉する方向に伸長している複数本の第1コイル片が、ハイト方向に所定間隔を空けて形成され、

前記第1コイル片はコイル絶縁層によって覆われて、このコイル絶縁層の上に前記磁性層が形成され、

前記磁性層上に絶縁層を介して、前記磁性層上を横断する複数本の第2コイル片が形成されており、

前記磁性層のトラック幅方向における両側に、前記コイル絶縁層上から前記第1コイル片のトラック幅方向における端部と電氣的に接続される持ち上げ層が設けられ、

各第2コイル片のトラック幅方向における端部が、前記持ち上げ層の上面に電氣的に接続されて、隣りあう前記第1コイル片の端部どうしが、前記第2コイル片を介して接続されることにより前記トロイダル状に巻回するコイル層が形成されていることを特徴とするものである。

【0010】

上記した本発明によれば、記録媒体との対向面でトラック幅 T_w を規制する前記磁性層のトラック幅方向における両側に設けられた前記コイル絶縁層上から持ち上げ層が設けられ、この持ち上げ層は前記第2コイル片のトラック幅方向における端部と電氣的に接続された状態になっている。

【0011】

本発明では前記持ち上げ層の形成によって前記第1コイル片のトラック幅方向における端部と電氣的に接続される第2コイル片のトラック幅方向における端部を従来よりも上方に持ち上げることができ、この結果、前記第2コイル片全体を従来に比べてよりフラットな面上に形成できる。このため前記第2コイル片を形成する際のレジストをほぼ一定の膜厚で形成でき、前記レジストに第2コイル片のパターンを高精度に露光現像により形成でき、特に前記第2コイル片の前記端部が形成されるべき位置での前記パターン内に露光現像により抜けないレジストが残るといった不具合を抑制できる。よって前記第2コイル片の前記端部と前記持ち上げ層の上面とを確実且つ容易に電氣的に接続させることが可能になっている。

【0012】

また前記持ち上げ層の形成により前記第2コイル片の前記端部を上方に持ち上げることで、前記第2コイル片と前記磁性層間の絶縁性を良好に保つことができる。

【0013】

本発明では、前記下部コア層上に、下から下部磁極層、非磁性金属材料で形成されたギャップ層及び前記磁性層である上部磁極層の順にメッキ形成された積層構造が設けられて、この積層構造の前記対向面でのトラック幅方向における幅寸法でトラック幅 T_w が決定され、前記持ち上げ層も少なくとも下から前記下部磁極層と同じ材料層、ギャップ層と同じ材料層及び上部磁極層と同じ材料層の順に形成された積層構造を有することが好ましい。

【0014】

これによって前記持ち上げ層の形成が非常に容易となる。特にギャップ層はメッキ形成

可能な非磁性金属材料で形成されるので、このギャップ層と同じ材料層で前記持ち上げ層の一部を構成しても前記持ち上げ層は導電性の性質を保つことができ、前記第1コイル片と第2コイル片とを電氣的に繋ぐ中間層としての役割を十分に果たすものとなっている。

【0015】

また本発明では、前記上部磁極層の上に前記上部磁極層よりも飽和磁束密度が低い上部コア層がメッキ形成されているものであり、前記持ち上げ層にも、前記上部磁極層と同じ材料層の上に前記上部コア層と同じ材料層が形成されているものであってもよい。

【0016】

本発明では、下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層を有する積層構造が、記録媒体との対向面側とハイト方向側の両方で下部コア層と接続される構造になっており、前記積層構造を前記第1コイル片の上に平面状に形成することができる。

【0017】

または、本発明は、前記下部コア層の上に、少なくとも下から下部磁極層、非磁性金属材料で形成されたギャップ層及び上部磁極層の順にメッキ形成され、記録媒体との対向面側の端面のトラック幅方向における幅寸法でトラック幅 T_w が規定される磁極端層が設けられ、前記磁極端層の上に前記磁性層が積層されているものであってもよい。

【0018】

本発明では、前記磁極端層は前記下部コア層の記録媒体との対向面側の端部に形成され、前記磁性層が前記下部コア層のハイト側と前記磁極端層とを接続する上部コア層となる。前記第1コイル片と第2コイル片は、上部コア層である前記磁性層を軸にして巻回形成される。

【0019】

前記磁性層が上部コア層である本発明では、前記磁性層は、記録トラック幅の外側で磁気記録することを防ぐために、前記上部磁極層よりも飽和磁束密度が低いことが好ましい。

【0020】

前記磁性層が上部コア層であるときも、前記持ち上げ層が前記磁性層と同じ材料層として形成されていることが好ましい。

【0021】

また本発明では、前記持ち上げ層には、前記磁性層と同じ材料層の上に少なくとも一段の段差を介して形成された持ち上げ調整層があり、前記持ち上げ調整層の上面は、前記磁性層または前記上部コア層の上面よりも高い位置にある構造であってもよい。

【0022】

前記持ち上げ調整層の形成によって、前記持ち上げ層の上面を前記磁性層または前記上部コア層の上面よりも高い位置にすることが容易になり、前記第2コイル片の前記端部と前記持ち上げ層の上面との電氣的な接続をより確実且つ容易なものにできるとともに前記磁性層または前記上部コア層と前記第2コイル片間の絶縁性をより良好なものにすることができる。

【0023】

なお本発明では、前記ギャップ層及び前記ギャップ層と同じ材料層は、NiP、NiReP、NiPd、NiW、NiMo、NiRh、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Crのうち1種または2種以上の材質が選択されてメッキ形成されたものであることが好ましい。

【0024】

また本発明では、前記持ち上げ層は、Cu、FeNi、Ni、Au、FeCo、FeCoRh、FeCoNiから選ばれた1層あるいは2層以上の層の上にNi、CuNi、NiPから選ばれた1層あるいは2層以上の保護膜が形成された積層構造を有する構造であつてもよい。かかる場合、前記持ち上げ層は前記磁性層と別工程で形成されるが、これによって前記持ち上げ層に使用される材質の選択性が広がり、前記持ち上げ層を導電性に優れたCuなどの非磁性金属材料で形成することが可能になる。ただしCuなどの非磁性金

属材料は大気暴露によって酸化されやすいので前記Cuなどの非磁性金属材料の層上にNiなどで形成された、前記非磁性金属材料よりも酸化しにくいNiなどの保護膜を設けることで大気暴露からの酸化を抑制でき、前記持ち上げ層を前記第1コイル片と第2コイル片間を電氣的に接続させる中間層として効果的に機能させることが可能になる。

【0025】

また本発明では、前記持ち上げ層には、前記積層構造の上に少なくとも一段の段差を介して形成された持ち上げ調整層があり、前記持ち上げ調整層の上面は、前記磁性層の上面よりも高い位置にある構造であってもよい。これによって前記持ち上げ層の上面を前記磁性層の上面よりも高い位置にすることが容易になり、前記第2コイル片の前記端部と前記持ち上げ層の上面との電氣的な接続をより確実且つ容易なものにできるとともに前記磁性層と前記第2コイル片間の絶縁性をより良好なものにすることができる。

【0026】

また本発明では、前記持ち上げ層は、下面から上面にかけて膜面方向への面積が一定で、導電性を有する材料の単層あるいは多層構造であり、前記持ち上げ層の上面は、前記磁性層の上面よりも高い位置にある構造であってもよい。

【0027】

本発明では、少なくとも一組の隣り合う前記第1コイル片において、前記第1コイル片間の、ハイト方向に隣りあう端部と端部の距離が、これらの前記第1コイル片間の前記磁性層に重なる領域における最小距離より大きいことが好ましい。

【0028】

インダクティブ型の薄膜磁気ヘッドでは、磁束が流れる磁気回路の体積を小さくしてインダクタンスを減少させることが好ましい。このため、前記磁性層のハイト方向長さも小さくすることが必要になり、前記第1コイル片間の前記磁性層に重なる領域における距離も小さくなる。このとき、前記第1コイル片間の、ハイト方向に隣りあう端部と端部の距離を本発明のように大きくすることによって、前記第1コイル片の端部と前記第2コイル片の端部の接続を容易かつ確実に行える。

【0029】

なお、前記複数本の第1コイル片は、前記磁性層と重なる領域において、互いに平行に形成されている部位を有すると、前記コイル層から前記磁性層に誘導される磁界が安定するので好ましい。

【0030】

また、同様の理由により、少なくとも一組の隣り合う前記第2コイル片において、前記第2コイル片間の、ハイト方向に隣りあう端部と端部の距離が、これらの前記第2コイル片間の前記磁性層に重なる領域における最小距離より大きいことが好ましい。

【0031】

この場合にも、前記複数本の第2コイル片は、前記磁性層と重なる領域において、互いに平行に形成されている部位を有することが好ましい。

【0032】

なお、本発明では、前記コイル層の発熱を低減するために、前記第2コイル片の電流が流れる方向と直交する第1の方向の長さ寸法が、前記第1コイル片の前記第1の方向の長さ寸法よりも大きく、前記第2コイル片の膜厚か、前記第1コイル片の膜厚よりも大きいことが好ましい。

【発明の効果】

【0033】

以上、詳細に説明した本発明によれば、記録媒体との対向面でトラック幅Twを規制する磁極層のトラック幅方向における両側に設けられたコイル絶縁層上から持ち上げ層を形成し、この持ち上げ層の上面と前記第2コイル片のトラック幅方向における端部とを電氣的に接続している。

【0034】

従って、第2コイル片のトラック幅方向における端部を前記持ち上げ層の形成により従

来よりも上方に持ち上げることができ、この結果、前記第2コイル片全体を従来に比べてよりフラットな面上に形成できる。すなわち前記第2コイル片を形成する際に使用されるレジストをほぼ一定の膜厚で形成でき、前記レジストに第2コイル片のパターンを高精度に露光現像により形成でき、特に前記第2コイル片の前記端部が形成されるべき位置での前記パターン内に露光現像により抜け残ったレジストが残るといった不具合を抑制できる。よって前記第2コイル片の前記端部と前記持ち上げ層の上面とを確実に容易に電氣的に接続させることが可能になっている。

【0035】

また前記持ち上げ層の形成により前記第2コイル片の前記端部を上方に持ち上げることで、前記第2コイル片と前記磁極層間の絶縁性を良好に保つことができる。

【0036】

また、前記第1コイル片間及び／または前記第2コイル片間の、ハイト方向に隣りあう端部と端部の距離を本発明のように大きくすることによって、前記第1コイル片の端部と前記第2コイル片の端部の接続を容易かつ確実にできる。

【0037】

なお、前記複数本の第1コイル片及び／または前記第2コイル片が、前記磁極層と重なる領域において、互いに平行に形成されている部位を有することによって、前記コイル層から前記磁極層に誘導される磁界が安定する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0038】

図1は、本発明における第1実施形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分縦断面図、図2は図1に示す薄膜磁気ヘッドからMRヘッド、隆起層32及び保護層60等を図面上除き、最も記録媒体との対向面側に形成された第1コイル片及び第2コイル片と、これらの層と膜厚方向で対向する各層の構造を記録媒体との対向面側から見た部分正面図、図3は図2に示す磁極層62の一部と持ち上げ層とを拡大し、前記各層を記録媒体との対向面側から見た部分断面図、図4は図1に示す薄膜磁気ヘッドのコイル構造の部分平面図、図5は図1に示す薄膜磁気ヘッドの一部の構造を示した部分拡大斜視図である。

【0039】

なお以下では図示X方向をトラック幅方向と呼び、図示Y方向をハイト方向と呼ぶ。また図示Z方向は記録媒体（磁気ディスク）の進行方向である。また薄膜磁気ヘッドの前端面（図1に示す最左面）を「記録媒体との対向面」と呼ぶ。さらに各層において「前端面」とは図1における左側の面を指し「後端面」とは図1における右側の面を指す。

【0040】

また図面を用いて説明する薄膜磁気ヘッドは、記録用ヘッド（インダクティブヘッドとも言う）と再生用ヘッド（MRヘッドとも言う）とが複合された薄膜磁気ヘッドであるが、記録用ヘッドのみで構成された薄膜磁気ヘッドであってもよい。

【0041】

符号20はアルミナチタンカーバイト（ Al_2O_3-TiC ）などで形成された基板であり、前記基板20上に Al_2O_3 層21が形成されている。

【0042】

前記 Al_2O_3 層21上には、NiFe系合金やセンダストなどで形成された下部シールド層22が形成され、前記下部シールド層22の上に Al_2O_3 などで形成された下部ギャップ層23が形成されている。

【0043】

前記下部ギャップ層23の上の記録媒体との対向面からハイト方向（図示Y方向）に所定の長さでスピナバルブ型薄膜素子などのGMR素子に代表される磁気抵抗効果素子24が形成され、前記磁気抵抗効果素子24のトラック幅方向（図示X方向）の両側にはハイト方向（図示Y方向）に長く伸びる電極層25が形成されている。

【0044】

前記磁気抵抗効果素子24上及び電極層25上には Al_2O_3 などで形成された上部ギャ

ップ層 26 が形成され、前記上部ギャップ層 26 上には NiFe 系合金などで形成された上部シールド層 27 が形成されている。

【0045】

前記下部シールド層 22 から前記上部シールド層 27 までを再生用ヘッド（MRヘッドとも言う）と呼ぶ。

【0046】

図 1 に示すように前記上部シールド層 27 上には、 Al_2O_3 などで形成された分離層 28 が形成されている。なお前記上部シールド層 27 及び分離層 28 が設けられておらず、前記上部ギャップ層 26 上に次の下部コア層 29 が設けられていてもよい。かかる場合、前記下部コア層 29 が上部シールド層をも兼ね備える。

【0047】

図 1 では、前記分離層 28 の上に下部コア層 29 が形成されている。前記下部コア層 29 は NiFe 系合金などの磁性材料で形成される。前記下部コア層 29 は記録媒体との対向面からハイト方向（図示 Y 方向）に所定の長さ寸法で形成される。前記下部コア層 29 の後端面 29a よりもハイト方向後方及び前記下部コア層 29 のトラック幅方向（図示 X 方向）における両側には非磁性絶縁材料層 31 が設けられている。図 1 に示すように前記下部コア層 29 及び非磁性絶縁材料層 31 の各層の表面は連続した平坦化面である。

【0048】

前記下部コア層 29 上には記録媒体との対向面からハイト方向（図示 Y 方向）にかけて所定の長さ寸法 L_1 （図 5 を参照）で形成された隆起層 32 が形成されている。さらに前記隆起層 32 のハイト方向後端面 32a からハイト方向（図示 Y 方向）に所定距離離れた位置にバックギャップ層 33 が前記下部コア層 29 上に形成されている。

【0049】

前記隆起層 32 及びバックギャップ層 33 は磁性材料で形成され、前記下部コア層 29 と同じ材質で形成されてもよいし、別の材質で形成されていてもよい。また前記隆起層 32 及びバックギャップ層 33 は単層であってもよいし多層の積層構造で形成されていてもよい。前記隆起層 32 及びバックギャップ層 33 は前記下部コア層 29 に磁氣的に接続されている。

【0050】

図 1 に示すように、前記隆起層 32 とバックギャップ層 33 間の下部コア層 29 上にはコイル絶縁下地層 34 が形成され、前記コイル絶縁下地層 34 上には、図 4 に示すようにトラック幅方向（図示 X 方向）に平行に延び、且つ互いに平行に形成された複数本の第 1 コイル片 55 がハイト方向に並んで形成されている。なお各第 1 コイル片 55 はトラック幅方向（図示 X 方向）からハイト方向に傾斜して延びていてもよい。

【0051】

前記第 1 コイル片 55 上は Al_2O_3 などの無機絶縁材料で形成されたコイル絶縁層 36 で埋められている。図 1 に示すように前記隆起層 32 の上面、コイル絶縁層 36 の上面、及びバックギャップ層 33 の上面は図 1 に示す基準面 A に沿った連続した平坦化面となっている。

【0052】

図 2 及び図 4 に示すように、前記第 1 コイル片 55 のトラック幅方向（図示 X 方向）における端部 55a 上には導電性を有する接続層 61 が突出形成されている。前記接続層 61 の平面形状（すなわち X-Y 平面と平行な方向から切断した面の形状）には図 4 のような楕円形状や円形状、正方形、長方形、菱形等、種々の形状を選択できる。また前記接続層 61 は前記隆起層 32 やバックギャップ層 33 と同じ材質で形成されていることが製造工程上好ましいが、前記隆起層 32 やバックギャップ層 33 とは別の材質で形成されていてもよい。また前記接続層 61 は単層構造であってもよいし多層の積層構造であってもよい。また前記接続層 61 は前記第 1 コイル片 55 の端部 55a と電氣的に接続された状態にあるが、「電氣的に接続」とは直接的な接続、間接的な接続を問わず、2 層間に電気が通る状態になっていればよいことを意味する。以下同じである。

【0053】

また前記接続層 61 は図 4 を見てわかるように、最も記録媒体との対向面側寄りに形成された第 1 コイル片 55 には図示上側の端部上にだけ前記接続層 61 が設けられているが、それ以外の第 1 コイル片 55 にはトラック幅方向（図示 X 方向）の両側端部上に前記接続層 61 が設けられている。

【0054】

図 2 に示すように各第 1 コイル片 55 のトラック幅方向（図示 X 方向）における端部 55a 上に形成された接続層 61 の上面 61a は上記した基準面 A と同一面上で形成される。すなわち図 1 に示す薄膜磁気ヘッドでは、前記隆起層 32 の上面、コイル絶縁層 36 の上面、バックギャップ層 33 の上面及び接続層 61 の上面 61a が全て同じ平坦化面で形成されている。

【0055】

図 1 に示すように前記隆起層 32 及びコイル絶縁層 36 の平坦化面上には、前記記録媒体との対向面からハイト方向（図示 Y 方向）に所定の距離離れた位置からハイト方向に向けて Gd 決め層 38 が形成されている。

【0056】

図 1 に示す実施形態では前記 Gd 決め層 38 の前端面 38a は、隆起層 32 上にあり、また前記 Gd 決め層 38 の後端面 38b はコイル絶縁層 36 上にある。

【0057】

また図 1 に示すように、記録媒体との対向面から前記 Gd 決め層 38 の前端面 38a までの隆起層 32 上、前記 Gd 決め層 38 の後端面 38b よりハイト方向のコイル絶縁層 36 上、及び前記バックギャップ層 33 上に、下から下部磁極層 39 及びギャップ層 40 が形成されている。前記下部磁極層 39 及びギャップ層 40 はメッキ形成されている。

【0058】

また図 1 に示すように前記ギャップ層 40 上及び Gd 決め層 38 上には、上部磁極層 41 がメッキ形成され、さらに前記上部磁極層 41 上には上部コア層 42 がメッキ形成されている。前記上部磁極層 41 は、前記バックギャップ層 33 を介して、前記下部コア層 29 と直接的あるいは間接的に接続されている。

【0059】

この実施の形態では、前記下部磁極層 39、ギャップ層 40、本発明の磁性層である上部磁極層 41 からなる積層構造及び上部コア層 42 の 4 層で積層体 62 が構成されている。

【0060】

図 2 に示すように前記積層体 62 のトラック幅方向（図示 X 方向）における両側には前記コイル絶縁層 36 上から持ち上げ層 72 が形成されている。前記持ち上げ層 72 は導電性を有し、図 2 に示すように前記持ち上げ層 72 は前記接続層 61 の上に形成されており、前記持ち上げ層 72 と前記接続層 61 の上面とが電氣的に接続された状態になっている。

【0061】

図 1 及び図 2 に示すように前記上部コア層 42 の上には、例えば Al_2O_3 などの絶縁材料で形成された絶縁層 58 が形成されている。前記絶縁層 58 は無機絶縁材料で形成されていることが好ましい。この絶縁層 58 は前記積層体 62 のトラック幅方向（図示 X 方向）の両側に広がるコイル絶縁層 36 上にも形成されている。また図 2 に示すように、前記絶縁層 58 のトラック幅方向（図示 X 方向）における両側端部上から前記積層体 62 のトラック幅方向における両側にかけてレジストなどの有機絶縁材料で形成された絶縁層 63 が形成されている。この絶縁層 63 は前記持ち上げ層 72 の周囲にも形成されている。

【0062】

無機絶縁材料で形成された絶縁層 58 はスパッタ法などで形成され、前記絶縁層 58 を有機絶縁材料で形成された絶縁層 63 に比べて薄い膜厚で形成することができるため、積層体 62 と次に説明する第 2 コイル片 56 とを距離的に近づけることができ磁化効率を向

上させることができるとともに、前記積層体 62 のトラック幅方向における両側で、前記積層体 62 と第 2 コイル片 46 間の絶縁を良好に保つことが可能である。

【0063】

図 1、図 2 及び図 4 に示すように前記絶縁層 58、63 の上に、トラック幅方向（図示 X 方向）からハイト方向（図示 Y 方向）に傾斜して延び、且つ互いに平行に形成された複数本の第 2 コイル片 56 がハイト方向に並んで形成されている。各第 2 コイル片 56 はトラック幅方向（図示 X 方向）に平行な方向に延びて形成されていてもよい。

【0064】

図 4 に示すように、前記第 1 コイル片 55 と第 2 コイル片 56 とは互いに非平行の関係にある。

【0065】

図 2 に示すように前記絶縁層 63 は前記持ち上げ層 72 の上面 72a のトラック幅方向（図示 X 方向）の両側端部にまで被さっているが、前記持ち上げ層 72 の上面 72a の中央には設けられていない。前記絶縁層 63 には、前記持ち上げ層 72 の上面 72a の中央上に穴部 63a が設けられている。この穴部 63a は前記絶縁層 63 がレジストで形成されるとき、前記レジストを前記持ち上げ層 72 の上面全体に塗布された後、露光現像によって形成される。

【0066】

そして図 2 に示すように、前記第 2 コイル片 56 のトラック幅方向（図示 X 方向）における端部 56a は、前記持ち上げ層 72 の上面 72a に前記絶縁層 63 に設けられた穴部 63a を通って形成され、前記第 2 コイル片 56 の前記端部 56a と前記持ち上げ層 72 とが電氣的に接続された状態になっている。

【0067】

なお図 2 の図示右側に示した点線の接続層 61 及び持ち上げ層 72 は、図面上見えている第 1 コイル片 55 の一つ後ろ側（図示 Y 方向）に位置する第 1 コイル片 55 の右側端部と、図面上見えている第 2 コイル片 56 の右側端部 56b とを電氣的に接続している。

【0068】

このように図 1 に示す薄膜磁気ヘッドには、前記積層体 62 の膜厚方向の上下で対向する第 1 コイル片 55 のトラック幅方向における端部と第 2 コイル片 56 のトラック幅方向における端部とが接続層 61 及び持ち上げ層 72 を介して電氣的に接続されてトロイダル状のコイル構造 57 が形成されている。

【0069】

なお図 1 に示す符号 60 の層は Al_2O_3 などで形成された保護層であり、また図 1 や図 4 に示す符号 59 の層は引出し層である。前記引出し層 59 は最もハイト寄りに形成された第 2 コイル片 56 と一体に繋がって形成されている。

【0070】

図 1 に示す薄膜磁気ヘッドの特徴的部分について以下に説明する。

図 1 に示す薄膜磁気ヘッドでは、複数本の第 1 コイル片 55 が、前記下部コア層 29、隆起層 32 及びバックギャップ層 33 で囲まれた空間内に形成されている。前記下部コア層 29 上に隆起層 32 及びバックギャップ層 33 を隆起形成することで前記第 1 コイル片 55 を形成するための三次元的な空間を適切に形成している。特に前記隆起層 32 及びバックギャップ層 33 がメッキ形成されていると、前記隆起層 32 及びバックギャップ層 33 の膜厚を厚く形成できるから、前記下部コア層 29、隆起層 32 及びバックギャップ層 33 で囲まれる空間を広く取ることができ、前記第 1 コイル片 55 を所定の膜厚で形成しやすい。

【0071】

図 2 に示すように前記積層体 62 のトラック幅方向（図示 X 方向）における両側であって前記コイル絶縁層 36 上から前記第 1 コイル片 55 のトラック幅方向（図示 X 方向）における端部 55a と電氣的に接続される持ち上げ層 72 が設けられ、前記第 2 コイル片 56 が前記積層体 62 上に絶縁層 58、63 を介して形成され、各第 2 コイル片 56 のトラ

ック幅方向における端部 56a が前記持ち上げ層 72 の上面 72a に電氣的に接続されて、前記第 1 コイル片 55、接続層 61、持ち上げ層 72 及び第 2 コイル片 56 を有するトロイダル状のコイル構造 57 が形成されている。

【0072】

よって図 2 に示すように、前記第 2 コイル片 56 の前記端部 56a は前記持ち上げ層 72 の形成によって上方に持ち上げられ、従来に比べて前記第 2 コイル片 56 の前記端部 56a が下方へ屈曲して形成されにくくなる。すなわち前記第 2 コイル片 56 をパターン形成するために使用されるレジストを従来に比べて平坦な面上に形成できるため、前記レジストに前記第 2 コイル片 56 のパターンを露光現像で形成するときに高精度に前記パターンを形成でき、前記第 2 コイル片 56 の前記端部 56a となるべきパターンの部分がレジスト抜けし難いといったことが無くなり、前記第 2 コイル片 56 の前記端部 56a と前記持ち上げ層 72 の上面 72a とを確実且つ容易に電氣的に接続させることが可能になっている。

【0073】

また前記持ち上げ層 72 の形成により前記第 2 コイル片 56 の前記端部 56a が持ち上がることで、前記第 2 コイル片 56 の前記端部 56a と前記積層体 62 間の絶縁性を良好に保つことができる。

【0074】

ところで前記持ち上げ層 72 は導電性を有する材料で形成されることが必要不可欠であるが、前記持ち上げ層 72 の層構造は例えば以下のように構成される。すなわち前記持ち上げ層 72 は、下から前記積層体 62 を構成する下部磁極層 39 と同じ材料層、ギャップ層 40 と同じ材料層、上部磁極層 41 と同じ材料層及び上部コア層 42 と同じ材料層の 4 層構造で構成される。図 3 によって以下に詳しく説明する。

【0075】

図 3 に示すように、前記コイル絶縁層 36 上に形成された積層体 62 は下から下部磁極層 39、ギャップ層 40、上部磁極層 41 及び上部コア層 42 の順に形成されている。一方、前記持ち上げ層 72 も下から前記下部磁極層 39 と同じ材料層 75、前記ギャップ層 40 と同じ材料層 76、前記上部磁極層 41 と同じ材料層 77 及び前記上部コア層 42 と同じ材料層 78 とで構成されている。

【0076】

図 3 に示すように前記積層体 62 は図示 X-Y 平面と平行な平坦化面で形成されたコイル絶縁層 36 の上面に、前記持ち上げ層 72 は前記平坦化面と同じ平面で形成された接続層 61 の上面及びコイル絶縁層 36 の上面にかけて形成されている。さらに前記下部磁極層 39 と材料層 75 の上面 A1 は同じ高さであり、前記ギャップ層 40 と材料層 76 の上面 A2 は同じ高さであり、前記上部磁極層 41 と材料層 77 の上面 A3 は同じ高さであり、前記上部コア層 42 と材料層 78 の上面 A4 は同じ高さとなっている。すなわち前記積層体 62 の上面と前記持ち上げ層 72 の上面とは同じ高さ位置になっている。

【0077】

図 3 に示す前記持ち上げ層 72 は前記積層体 62 の形成と同じ工程時に形成される。すなわち前記コイル絶縁層 36 及び接続層 61 上にレジスト層を塗布した後、このレジスト層に露光現像によって前記積層体 62 のパターンを形成すると同時に前記持ち上げ層 72 のパターンを形成し、各パターン内に下から下部磁極層 39 の材料層、ギャップ層 40 の材料層、上部磁極層 41 の材料層及び上部コア層 42 の材料層をメッキ成長させていくのである。

【0078】

このため図 3 では前記積層体 62 と持ち上げ層 72 とを同じ工程時に形成できるから前記持ち上げ層 72 の形成が非常に容易である。またこの持ち上げ層 72 を前記積層体 62 と同じ工程時に形成できるのは、特に前記ギャップ層 40 を非磁性金属材料のメッキ層で形成しているからである。このため前記持ち上げ層 72 を構成するギャップ層 40 と同じ材料層 76 は、導電性を有するものであり、前記持ち上げ層 72 を前記第 1 コイル片 55

と第2コイル片56間を電氣的に繋ぐ中間層として機能させることが可能になっている。

【0079】

前記ギャップ層40及び材料層76には、NiP、NiReP、NiPd、NiW、NiMo、NiRh、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Crのうち1種または2種以上を選択することが好ましく、前記ギャップ層40は、単層構造でも多層構造で形成されていてもどちらであってもよい。前記ギャップ層40は特にNiP合金で形成されることが好ましく、NiP合金は製造上の連続メッキ容易性に加えて、耐熱性に優れ、前記下部磁極層39及び上部磁極層41との密着性も良い。

【0080】

ところで図3では前記積層体62及び持ち上げ層72はそれぞれ4層の積層メッキ構造で形成されているが、前記積層体62は下部磁極層39、ギャップ層40及び上部磁極層41の3層メッキ構造で形成され、前記持ち上げ層72は材料層75、76、77の3層メッキ構造で形成されていてもよい。

【0081】

ただし図3に示すように、前記上部磁極層41の上に上部コア層42をメッキ形成し、前記持ち上げ層72を構成する材料層77の上に前記上部コア層42と同じ材料層78をメッキ形成した方が以下の点で好ましい。

【0082】

上部磁極層41や下部磁極層39は、ギャップ近傍に記録磁界を集中させ、記録密度を向上させる点から、高い飽和磁束密度を有する磁性材料でメッキ形成されているが、高飽和磁束密度を有する層はメッキ成長が非常に遅いため厚い膜厚が付きにくい。一方、上部コア層42は前記上部磁極層41や下部磁極層39ほど高い飽和磁束密度を必要とせず低い磁束密度でもよいからメッキ条件がシビアでなく厚い膜厚で形成しやすい。このため上部コア層42を設けることで記録特性の向上を図ることができるのである。本実施の形態では上部コア層42は前記上部磁極層41よりも厚い膜厚で形成されている。

【0083】

また前記持ち上げ層72は前記積層体62と同じ材料層75、76、77、78の積層構造で形成されていなくてもよい。特に前記持ち上げ層72は前記積層体62と別の工程で形成することもできるため導電性に優れた材料を用いて前記持ち上げ層72の形成を行うことも可能である。

【0084】

例えば前記持ち上げ層72はCu、FeNi、Ni、Au、FeCo、FeCoRh、FeCoNiから選ばれた1層あるいは2層以上の層を主体として形成されることが好ましい。これらの材質はメッキ形成ができるとともに導電性に優れている。

【0085】

ただし上記した材質はいずれも大気暴露によって酸化しやすい性質を有している。前記持ち上げ層72の上面72aは前記第2コイル片56を形成する前に一旦、大気暴露され、前記上面72aを含めた近傍が酸化される恐れがあるため、前記CuやFe、Coを含む層の上にNi、CuNi、NiPから選ばれた1層あるいは2層以上の保護膜をメッキ形成しておくことが好ましい。

【0086】

次に前記積層体62の形状を図5を用いて以下に説明する。図5に示す前記積層体62の斜視図は一例である。図5では、下部磁極層39、ギャップ層40、上部磁極層41及び上部コア層42の平面形状は、記録媒体との対向面でトラック幅方向（図示X方向）に一定の幅寸法を有し、ハイト方向（図示Y方向）に向けてこの幅寸法を保ちながら延びる先端部Bと、この先端部Bの両側基端B1、B1からハイト方向（図示Y方向）に向けてトラック幅方向への幅が徐々に広がる後端部Cとで構成されている。前記上部磁極層41の記録媒体との対向面のトラック幅方向（図示X方向）の幅寸法でトラック幅Twが規制される。この実施形態では前記トラック幅Twを0.1 μ m～0.3 μ mの範囲内で形成することができる。

【0087】

なお前記先端部Bは、記録媒体との対向面からハイト方向に向けて徐々にトラック幅方向への幅寸法が広がる形状であってもよい。かかる場合、前記先端部Bの両側基端B1からはハイト方向へさらにトラック幅方向への幅寸法が広がった後端部Cが形成される。

【0088】

図5に示すようにギャップデプス(Gd)は、前記ギャップ層40の上面40aの記録媒体との対向面から前記Gd決め層38に突き当たるまでのハイト方向(図示Y方向)への長さで決められる。

【0089】

図6は、図2に示す薄膜磁気ヘッドの部分正面図とは若干、異なる形態のものである。図6は、薄膜磁気ヘッドを構成するMRヘッド、隆起層32及び保護層60等を図面から削除し、最も記録媒体との対向面側に形成された第1コイル片及び第2コイル片と、これらの層と膜厚方向で対向する各層の構造を示した部分正面図である。

【0090】

図6に示す薄膜磁気ヘッドでは、図2と異なり、前記積層体62の上面から側面にかけてレジストなどの有機絶縁材料で形成された絶縁層63が形成されており、図2のように無機絶縁材料で形成された絶縁層58を前記積層体62の上面にスパッタ成膜していない。図6では前記積層体62の上面及び側面にかけて一つの絶縁層63のみを形成して、前記積層体62と第2コイル片56間に絶縁性を持たせているから図2に比べて単純な構造にできるが、有機絶縁材料で形成された絶縁層63は無機絶縁材料でスパッタ成膜された絶縁層58に比べて膜厚が厚くなり、前記積層体62の上面と第2コイル片56の下面間の距離が離れる結果、磁化効率が低下するといった不利な点もある。

【0091】

図7は本発明における第3実施形態の薄膜磁気ヘッドの部分正面図であり、薄膜磁気ヘッドを構成するMRヘッド、隆起層32及び保護層60等を図面から削除し、最も記録媒体との対向面側に形成された第1コイル片及び第2コイル片と、これらの層と膜厚方向で対向する各層の構造を示したものである。

【0092】

図7に示す薄膜磁気ヘッドでは、基準面Aよりも下の層の構成は図2と同じである。すなわち下部コア層29、隆起層32及びバックギャップ層33に囲まれた空間内に複数本の第1コイル片55が設けられ、この第1コイル片55のトラック幅方向(図示X方向)における端部55aから突出形成された接続層61の上面61aが、前記隆起層32の上面、コイル絶縁層36の上面及びバックギャップ層33の上面と同一平面上で形成されている。

【0093】

図7では前記積層体62は平坦化面の隆起層32の上面、コイル絶縁層36の上面及びバックギャップ層33の上面に所定形状で高精度に形成されており、さらに前記積層体62のトラック幅方向(図示X方向)の両側には、前記下側接続層61と電氣的に接続する持ち上げ層72が形成されている。

【0094】

図7に示すように前記持ち上げ層72は2つの持ち上げ層が段差を介して積層された構成である。前記持ち上げ層72のうち下側の持ち上げ層70は図3で説明した前記積層体62を構成する各層と同じ材料層75、76、77、78でメッキ形成された積層構造である。あるいは前記下側の持ち上げ層70はCu、FeNi、Ni、Au、FeCo、FeCoRh、FeCoNiから選ばれた1層あるいは2層以上の層の上にNi、CuNi、NiPから選ばれた1層あるいは2層以上の保護膜が形成された積層構造であってもよい。

【0095】

前記下側の持ち上げ層70上に段差を介して積層された上側の持ち上げ層71(以下、持ち上げ調整層という)は前記持ち上げ層72全体の高さを調整する機能を有し、図7に

示すように下側の持ち上げ層 70 の上に持ち上げ調整層 71 を設けることで前記持ち上げ層 72 の上面 72 a の高さを前記積層体 62 の上面 62 a の高さよりも高くしている。

【0096】

前記持ち上げ調整層 71 は導電性を有し且つメッキ形成可能な材質で形成される。前記持ち上げ調整層 71 は Cu、FeNi、Ni、Au、FeCo、FeCoRh、FeCoNi から選ばれた 1 層あるいは 2 層以上の層であることが好ましい。また Cu や Co、Ni を含む層を主体とし、その上に Ni、CuNi、NiP から選ばれた 1 層あるいは 2 層以上の保護膜が形成された構造であってもよい。

【0097】

前記下側の持ち上げ層 70 の下面と前記接続層 61 の上面及び前記下側の持ち上げ層 70 の上面 70 a と持ち上げ調整層 71 の下面は電氣的に接続された状態になっている。

【0098】

図 7 に示すように持ち上げ層 72 を 2 段構造にする利点は、前記持ち上げ層 72 の上面 72 a の高さを前記積層体 62 の上面 62 a よりも容易に高くすることができることである。前記持ち上げ調整層 71 は前記下側の持ち上げ層 70 を形成した後、別工程で前記下側の持ち上げ層 70 上にメッキ形成することで形成される。

【0099】

前記持ち上げ層 72 の上面 72 a の高さを前記積層体 62 の上面 62 a の高さよりも高く形成することで前記積層体 62 の上面及び側面を覆う絶縁層 73（無機絶縁材料で形成されることが好ましい）の上面 73 a を図示 X-Y 平面と平行な平坦化面で形成できるため、前記第 2 コイル片 56 を前記平坦化面上に形成できる結果、前記第 2 コイル片 56 を高精度にパターン形成でき、前記平坦化面から露出する前記持ち上げ層 72 の上面 72 a に前記第 2 コイル片 56 の端部 56 a、56 b を確実に且つ容易に電氣的に接続させることができる。また前記積層体 62 の上面 62 a よりも背の高い持ち上げ層 72 を形成することで、前記第 2 コイル片 56 と前記積層体 62 間の絶縁性をより高めることが可能になる。

【0100】

前記持ち上げ層 72 の上面 72 a を前記積層体 62 の上面 62 a よりも高く形成するには図 7 のような構造以外に図 8 のような構造でも達成することができる。

【0101】

図 8 に示す薄膜磁気ヘッドの構造では、前記積層体 62 のトラック幅方向（図示 X 方向）の両側のコイル絶縁層 36 上から形成された持ち上げ層 72 は、下面から上面 72 a にかけて膜面方向（図示 X-Y 平面と平行な方向）への面積が一定で、導電性を有する材料の単層あるいは多層構造であり、図 8 のように前記持ち上げ層 72 の上面 72 a は前記積層体 62 の上面 62 a よりも高い位置にある。図 8 における持ち上げ層 72 は、Cu、FeNi、Ni、Au、FeCo、FeCoRh、FeCoNi から選ばれた 1 層あるいは 2 層以上の多層でメッキ形成されることが好ましく、またより好ましくは Cu、FeNi、Ni、Au、FeCo、FeCoRh、FeCoNi から選ばれた 1 層あるいは 2 層以上の多層を主体とし、この層上に Ni、CuNi、NiP から選ばれた 1 層あるいは 2 層以上の保護膜が形成された積層構造である。

【0102】

従って図 8 に示す薄膜磁気ヘッドにおいても、前記第 2 コイル片 56 を前記平坦化面上に形成できる結果、前記第 2 コイル片 56 を高精度にパターン形成でき、前記平坦化面から露出する前記持ち上げ層 72 の上面 72 a に前記第 2 コイル片 56 の端部 56 a、56 b を確実に且つ容易に電氣的に接続させることができる。また前記積層体 62 の上面 62 a よりも高い持ち上げ層 72 を形成することで、前記第 2 コイル片 56 と前記積層体 62 間の絶縁性をより高めることが可能になる。

【0103】

ただし図 7 と図 8 とでは前記持ち上げ層 72 の製造方法が異なる。図 7 では前記持ち上げ層 72 のうち下側の持ち上げ層 70 を前記積層体 62 の形成と同じ工程時に、あるいは

前記積層体 62 の形成工程の前後工程で形成した後、前記下側の持ち上げ層 70 上に持ち上げ調整層 71 をメッキ形成して、前記持ち上げ層 72 の上面 72 a を前記積層体 62 の上面 62 a よりも高くする。前記下側の持ち上げ層 70 と持ち上げ調整層 71 は異なる工程で形成されるものであるから前記下側の持ち上げ層 70 と持ち上げ調整層 71 との間には段差が生じる。

【0104】

前記持ち上げ調整層 71 を形成した後、前記積層体 62 上から前記持ち上げ層 72 上に掛けて絶縁層 73 をスパッタ成膜した後、前記絶縁層 73 の上面を CMP 技術等を用いて研削加工し、前記絶縁層 73 の上面 73 a を図示 X-Y 平面と平行な方向に平坦化加工するとともに前記平坦化面から前記持ち上げ層 72 の上面 72 a を露出させ、前記絶縁層 73 上及び前記持ち上げ層 72 上に第 2 コイル片 56 をパターン形成する。

【0105】

一方、図 8 では、積層体 62 の形成工程の前後工程で、前記積層体 62 の上面 62 a よりも高い高さを有する持ち上げ層 72 を一気にメッキ形成し、その後、上記した絶縁層 73 の形成、CMP 技術等による研削加工、第 2 コイル片 56 のパターン形成を行う。

【0106】

しかし図 7 のように少なくとも一段以上の段差を介して形成された持ち上げ調整層 71 により前記持ち上げ層 72 の高さ調整を行うことで、前記持ち上げ層 72 の機能（すなわち第 1 コイル片 55 と第 2 コイル片 56 間に電気を通すという中間層としての役割）を低下させることなく前記持ち上げ層 72 の上面 72 a を前記積層体 62 の上面 62 a よりも高く形成しやすい。図 8 では積層体 62 の形成の前後工程で厚い膜厚のレジスト層を形成し、このレジスト層に露光現象によって接続層 61 の上面にまで通じる穴部を形成し、この穴部内に前記持ち上げ層 72 をメッキ形成しなければならないため、前記露光現象の際にレジストがうまく抜けず前記穴部内にレジストが残る可能性もあり、かかる場合、前記持ち上げ層 72 が適切に前記接続層 61 と電気的に接続せず、前記持ち上げ層 72 が本来の機能を十分果たせないものとなってしまう。よって前記持ち上げ層 72 の上面 72 a を前記積層体 62 の上面 62 a よりも高く形成する場合、図 7 のように前記持ち上げ層 72 を、それぞれ別工程で形成される複数の持ち上げ層を積み重ねて形成することが好ましい。

【0107】

図 9 は本発明の第 5 実施形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分縦断面図である。図 9 に示す薄膜磁気ヘッドは図 1 に示す薄膜磁気ヘッドとはほぼ同様の構造で構成されている。したがって、図 9 に示す薄膜磁気ヘッドの構造部分のうち、図 1 に示す薄膜磁気ヘッドと同様の構造部分には同様の符号を付して、その詳しい説明を省略する。

【0108】

図 9 に示す薄膜磁気ヘッドでは、第 1 コイル片 455 の上面が図 9 に示す基準面 A に形成されており、隆起層 32 の上面、第 1 コイル片 455 の上面、コイル絶縁層 36 の上面、バックギャップ層 33 の上面が、前記基準面 A に沿った連続した平坦化面となっている。

【0109】

前記平坦化面上には、記録媒体との対向面からハイト方向（図示 Y 方向）に所定距離離れた位置からハイト方向に向けて G d 決め層 438 が形成されている。前記 G d 決め層 438 の前端面 438 a は図 1 に示す薄膜磁気ヘッドと同様に前記隆起層 32 上に位置し、また前記 G d 決め層の後端面 438 b は前記バックギャップ層 33 上に位置するように形成されている。あるいは、前記 G d 決め層の後端面 438 b は前記ギャップ層 33 の上面と前記前端面 33 a との境界部 33 b 上に位置するように構成しても良い。

【0110】

図 9 に示す薄膜磁気ヘッドでは、第 1 コイル片 455 の上部に前記 G d 決め層 438 が形成されており、この G d 決め層 438 は有機絶縁材料または無機絶縁材料で形成されている。したがって、第 1 コイル片 455 の上面を前記基準面 A まで延ばして G d 決め層 4

38の下面に接触するように形成しても、第1コイル片455と積層体62を絶縁することができる。したがって、第1コイル片455の断面積を大きくすることができ、抵抗を小さくすることが可能となる。

【0111】

図10は図9に示す薄膜磁気ヘッドを記録媒体との対向面側からみた正面図である。なお、図10では、前記隆起層32を図示せずに、前記隆起層32の後方にある第1コイル片455を図示している。

【0112】

本実施の形態のように、第1コイル片455の上面が隆起層32の上面、コイル絶縁層36の上面、バックギャップ層33の上面との同一面である、前記基準面Aに沿った平坦化面上に位置していると、第1コイル片455と持ち上げ層72とを直接接続させることができる。従って、図1ないし図8に示される薄膜磁気ヘッドにおいて、第1コイル片34を持ち上げ層72と接続するための、接続層61を省略でき、接続部の数が減少してコイル層全体の抵抗値が減る。従って、発熱量も減少して、薄膜磁気ヘッドの記録媒体との対向面の熱膨張量あるいは突出量を低減でき、低浮上量の磁気ヘッドを提供することができる。

【0113】

なお、図10では、持ち上げ層72の形状を図8に示された薄膜磁気ヘッドと同様のものとしたが、持ち上げ層72が図2、図6、図7に示された薄膜磁気ヘッドと同様のものであってもよい。

【0114】

なお、本発明のコイル層は、図3に示されるような、複数の第1コイル片55が互いに平行になっており、複数の第2コイル片56も互いに平行になっているものに限られない。

【0115】

すなわち、本発明では、第1コイル片が下部コア層29、隆起層32及びバックギャップ層33で囲まれた空間内に、積層体62と交叉する方向に伸長して形成され、第2コイル片が積層体62上を横断して形成され、隣り合う前記第1コイル片の端部どうしが、前記第2コイル片を介して接続されることにより前記トロイダル状に巻回するコイル層が形成されていけばよい。

【0116】

図11ないし図15は、本発明の薄膜磁気ヘッドに適用できる第1コイル片及び第2コイル片の平面構造を示すための平面図である。

【0117】

図11には、薄膜磁気ヘッドの積層体62とコイル層90のみ示している。図11に示される薄膜磁気ヘッドは、図1に示される薄膜磁気ヘッドとほぼ同じ構造を有しており、コイル層の構造のみ異なっている。

【0118】

すなわち、図11に示される薄膜磁気ヘッドのコイル層90を構成している複数の第1コイル片80は互いに平行に形成されておらず、また、複数の第2コイル片81も、積層体62と重なっている部位81bは互いに平行になっているが、積層体62のトラック幅方向（図示X方向）の両側の部位は、端部81aに向うにつれてハイト方向（図示Y方向）間距離が大きくなるように広がっている。

【0119】

なお、図11では、積層体62の下に形成される前記第1コイル片80を点線で示し、積層体62の上に形成される前記第2コイル片81を実線で示している。

【0120】

図2及び図4に示される構造と同様に、前記第2コイル片81のトラック幅方向（図示X方向）における端部81a上には導電性を有する持ち上げ層82が接続されており、持ち上げ層82は前記第1コイル片80の端部と電氣的に接続されている。前記第1コイル

片 80 の端部は、前記第 2 コイル片 81 の端部 81 a と重なる位置に形成されており、図 11 では図示されていない。なお、持ち上げ層 82 は、図 2 に示される持ち上げ層 72 と同様の構造を有しており、前記接続層 61 と同様の接続層を介して、前記第 1 コイル片 80 の端部に接続された状態になっている。図 11 に示されるコイル層 90 も、積層体 62 の周囲をトロイダル状に巻回する構造である。なお、符号 83 及び 84 は、コイル層 90 の両端部を電極層とつなげるための引き出し層である。

【0121】

図 11 では、例えば、図の最も左側に形成されている第 2 コイル片 81 と、その右隣にある前記第 2 コイル片 81 の、端部 81 a と端部 81 a 間の距離 $S1a$ が、これらの前記第 1 コイル片間の前記積層体 62 に重なる領域における最小距離 $L1a$ より大きくなっている。

【0122】

また、図の左から 2 番目に形成されている第 2 コイル片 81 と、その右隣にある前記第 2 コイル片 81 の、端部 81 a と端部 81 a 間の距離 $S1b$ 及び $S1c$ が、これらの前記第 2 コイル片間の前記積層体 62 に重なる領域における最小距離 $L1b$ より大きくなっている。さらに、図の最も右側に形成されている第 2 コイル片 81 と、その左隣にある前記第 2 コイル片 81 の、端部 81 a と端部 81 a 間の距離 $S1d$ が、これらの前記第 2 コイル片間の前記積層体 62 に重なる領域における最小距離 $L1c$ より大きくなっている。

【0123】

なお、上記において、端部 81 a と端部 81 a 間の距離は、端部 81 a の中心と端部 81 a の中心間の距離としている。また、前記第 2 コイル片間の前記積層体 62 に重なる領域における最小距離とは、前記第 2 コイル片を幅方向に 2 等分する直線間の最小の距離である。

【0124】

インダクティブ型の薄膜磁気ヘッドでは、磁束が流れる磁気回路の体積を小さくしてインダクタンスを減少させることが好ましい。このため、前記積層体 62 のハイト方向長さも小さくすることが必要になり、前記第 2 コイル片 81 間の前記積層体 62 に重なる領域における間隔距離 $L1a$ 、 $L1b$ 、 $L1c$ も小さくなる。このとき、前記第 2 コイル片 81 間の、ハイト方向に隣りあう端部 81 a と端部 81 a の距離を本発明のように大きくすることによって、端部 81 a の形成が容易になり、前記第 1 コイル片 80 の端部と前記第 2 コイル片 81 の端部 81 a の接続を容易かつ確実におこなえる。

【0125】

また、前記複数本の第 2 コイル片 81 は、前記積層体 62 と重なる領域において、互いに平行に形成されている部位 81 b を有しており、しかも部位 81 b は、図示トラック幅方向に伸長している。これにより、前記コイル層 90 から前記積層体 62 に誘導される磁界が安定する。

【0126】

図 11 に示されるコイル層 90 の構造では、前記複数本の第 2 コイル片 81 は、前記積層体 62 と重なる全て領域において、互いに平行に形成されている。しかし、図 12 に示されるように、前記複数本の第 2 コイル片 81 が、前記積層体 62 と重なる一部の領域だけ、互いに平行に形成されている部位 81 b を有するものであっても、前記コイル層 90 から前記積層体 62 に誘導される磁界を安定させる効果を奏することができる。

【0127】

また、本発明では、少なくとも一組の前記第 2 コイル片 81 間の、ハイト方向に隣りあう端部 81 a と端部 81 a の距離が、これらの前記第 2 コイル片 81 間の前記積層体 62 に重なる領域における最小距離より大きければよい。

【0128】

例えば、図 13 に示されるコイル層の構造も本発明の範囲にはいるものである。図 13 では、図の最も右側に形成されている第 2 コイル片 81 と、その左隣にある前記第 2 コイル片 81 の、端部 81 a と端部 81 a 間の距離 $S1d$ のみが、これらの前記第 2 コイル片

81間の前記積層体62に重なる領域における最小距離 $L1c$ より大きくなっている。しかし、他の組み合わせの前記第2コイル片81間の、ハイト方向に隣りあう端部81aと端部81aの距離は、これらの前記第1コイル片81間の前記積層体62に重なる領域における最小距離と等しくなっている。

【0129】

図11から図13では、前記第2コイル片81間の距離を、前記積層体62に重なる領域から、端部81aにかけて広げて大きくすることを説明したが、同様の構成を前記第1コイル片80に適用することも可能である。

【0130】

図14に、前記第1コイル片80間の距離も、前記積層体62に重なる領域から、前記第1コイル片80の端部にかけて広げて大きくする構成のコイル層91を示す。

【0131】

図14に示されるコイル層91の第2コイル片81の構造は、図12に示されるコイル層90の第2コイル片81の構造と同じである。図14では、図12に示されていない、第1コイル片80の端部80aを図示し、第2コイル片81の端部81aの図示を省略している。

【0132】

図14では、例えば、図の最も左側に形成されている第1コイル片81と、その右隣（中央）にある前記第1コイル片80の、端部80aと端部80a間の距離 $S2a$ 、 $S2b$ が、これらの前記第1コイル片間の前記積層体62に重なる領域における最小距離 $L2a$ より大きくなっている。

【0133】

また、図の左から2番目（中央）に形成されている第1コイル片80と、その右隣（右端）にある前記第2コイル片80の、端部80aと端部80a間の距離 $S1c$ 及び $S1d$ が、これらの前記第1コイル片間の前記積層体62に重なる領域における最小距離 $L2b$ より大きくなっている。

【0134】

なお、上記においても、端部80aと端部80a間の距離は、端部80aの中心と端部80aの中心間の距離としている。また、前記第1コイル片間の前記積層体62に重なる領域における最小距離とは、前記第1コイル片を幅方向に2等分する直線間の最小の距離である。

【0135】

また、前記複数本の第1コイル片80は、前記積層体62と重なる領域において、互いに平行に形成されている部位80bを有しており、しかも部位80bは、図示トラック幅方向に伸長している。これにより、前記コイル層91から前記積層体62に誘導される磁界が安定する。

【0136】

なお、第1コイル片80の構造は、図14に示されるもの以外のものでもよい。例えば、第1コイル片80が図11、図13に示された第2コイル片81の構造と相似する形状であってもよい。

【0137】

また、第1コイル片80のみが本発明の構造をとるもの、すなわち、少なくとも一組の前記第1コイル片80間の距離が、前記積層体62に重なる領域から、前記第1コイル片80の端部にかけて大きくなる構造を有するものも本発明の範囲に含まれる。

【0138】

なお、図15に示されるコイル層92のように、前記積層体62と重なる領域において、互いに平行に形成されている部位が形成されないものであってもよい。

【0139】

図16は、本発明における第6実施形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分縦断面図、図17は図16に示す薄膜磁気ヘッドからMRヘッド、絶縁層536及び保護層561等を

図面上除き、磁極端層と、最も記録媒体との対向面側に形成された第1コイル片及び第2コイル片と、これらの層と膜厚方向で対向する各層の構造を記録媒体との対向面側から見た部分正面図である。

【0140】

前記下部シールド層22から前記上部シールド層27までの再生用ヘッド(MRヘッドとも言う)は、第1実施形態ないし第5実施形態の薄膜磁気ヘッドと同じものである。

【0141】

図16に示すように前記上部シールド層27上には、 Al_2O_3 などで形成された分離層28が形成されている。なお前記上部シールド層27及び分離層28が設けられておらず、前記上部ギャップ層26上に次の下部コア層529が設けられていてもよい。かかる場合、前記下部コア層529が上部シールド層をも兼ね備える。

【0142】

図16では、前記分離層28の上に下部コア層529が形成されている。前記下部コア層529はNiFe系合金などの磁性材料で形成される。前記下部コア層529は記録媒体との対向面からハイト方向(図示Y方向)に所定の長さ寸法で形成される。前記下部コア層529の後端面529aよりもハイト方向後方及び前記下部コア層529のトラック幅方向(図示X方向)における両側には非磁性絶縁材料層31が設けられている。図16に示すように前記下部コア層529及び非磁性絶縁材料層31の各層の表面は連続した平坦化面である。

【0143】

図16に示すように下部コア層529上には、記録媒体との対向面からハイト方向後方に向けて所定の長さ寸法で磁極端層548が形成されている。磁極端層548はトラック幅方向(図示X方向)への幅寸法がトラック幅Twで形成されている。トラック幅Twは、例えば $0.5\mu m$ 以下で形成される。

【0144】

図17に示す実施形態では、磁極端層548は、下部磁極層549、ギャップ層550、および上部磁極層551の3層膜の積層構造で構成されている。以下、磁極層549、551およびギャップ層550について説明する。

【0145】

下部コア層529上には磁極端層548の最下層となる下部磁極層549がメッキ形成されている。下部磁極層549は磁性材料を用いて形成され、下部コア層529と磁氣的に接続されており、下部磁極層549は、下部コア層529と同じ材質でも異なる材質で形成されていてもどちらでもよい。また単層膜でも多層膜で形成されていてもどちらでもよい。

【0146】

下部磁極層549上には、非磁性のギャップ層550が積層されている。

ギャップ層550は非磁性金属材料で形成されて、下部磁極層549上にメッキ形成されることが好ましい。非磁性金属材料として、NiP、NiReP、NiPd、NiW、NiMo、NiRh、NiRe、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Crのうち1種または2種以上を選択することが好ましく、ギャップ層550は、単層膜で形成されていても多層膜で形成されていてもどちらであってもよい。

【0147】

次にギャップ層550上には、後述する上部コア層560と磁氣的に接続する上部磁極層551がメッキ形成されている。本実施の形態では、上部磁極層551を下層551aと上層551bの積層構造にしている。下層551a及び上層551bは磁性材料によって形成され、下層551aの飽和磁束密度は、上層551bの飽和磁束密度より大きくなっている。

【0148】

上記したようにギャップ層550が、非磁性金属材料で形成されていれば、下部磁極層549、ギャップ層550および上部磁極層551を連続してメッキ形成することが可能

になる。

【0149】

さらに前記磁極端層 548 のハイト方向後端面 548a からハイト方向（図示 Y 方向）に所定距離離れた位置にバックギャップ層 533 が前記下部コア層 529 上に形成されている。

【0150】

バックギャップ層 533 は磁性材料で形成され、前記下部コア層 529 と同じ材質で形成されてもよいし、別の材質で形成されていてもよい。またバックギャップ層 533 は単層であってもよいし多層の積層構造で形成されていてもよい。バックギャップ層 533 は前記下部コア層 529 に磁氣的に接続されている。

【0151】

バックギャップ層 533 間の下部コア層 529 上にはコイル絶縁下地層 534 が形成され、前記コイル絶縁下地層 534 上には、トラック幅方向（図示 X 方向）に平行に延び、且つ互いに平行に形成された複数本の第 1 コイル片 555 がハイト方向に並んで形成されている。なお各第 1 コイル片 555 はトラック幅方向（図示 X 方向）からハイト方向に傾斜して延びていてもよい。

【0152】

前記第 1 コイル片 555 上は Al_2O_3 などの無機絶縁材料で形成されたコイル絶縁層 536 で埋められている。図 16 に示すように前記磁極端層 548 の上面、コイル絶縁層 536 の上面、及びバックギャップ層 533 の上面は図 16 に示す基準面 A に沿った連続した平坦化面となっている。

【0153】

図 17 に示すように、前記第 1 コイル片 555 のトラック幅方向（図示 X 方向）における端部 555a 上には導電性を有する接続層 561 が突出形成されている。前記接続層 561 の平面形状（すなわち X-Y 平面と平行な方向から切断した面の形状）には楕円形状や円形状、正方形、長方形、菱形等、種々の形状を選択できる。また前記接続層 561 はバックギャップ層 533 と同じ材質で形成されていることが製造工程上好ましいが、バックギャップ層 533 とは別の材質で形成されていてもよい。また前記接続層 561 は単層構造であってもよいし多層の積層構造であってもよい。また前記接続層 561 は前記第 1 コイル片 555 の端部 555a と電氣的に接続された状態にあるが、「電氣的に接続」とは直接的な接続、間接的な接続を問わず、2 層間に電気が通る状態になっていればよいことを意味する。以下同じである。

【0154】

図 17 に示すように各第 1 コイル片 555 のトラック幅方向（図示 X 方向）における端部 555a 上に形成された接続層 561 の上面 561a は上記した基準面 A と同一面上で形成される。すなわち図 16 に示す薄膜磁気ヘッドでは、前記磁極端層 548 の上面、コイル絶縁層 536 の上面、バックギャップ層 533 の上面及び接続層 561 の上面 561a が全て同じ平坦化面で形成されている。

【0155】

図 16 に示すように下部コア層 529 上には、前記記録媒体との対向面からハイト方向（図示 Y 方向）に所定の距離離れた位置からハイト方向に向けて Gd 決め層 538 が形成されている。また図 16 に示すように上部磁極層 551 の後端部は Gd 決め層 538 上に載せられている。ギャップデプス（Gd）は、前記ギャップ層 550 の記録媒体との対向面から前記 Gd 決め層 538 に突き当たるまでのハイト方向（図示 Y 方向）への長さで決められる。

【0156】

前記上部磁極層 551 とバックギャップ層 533 上には上部コア層 560 がメッキ形成されている。前記上部コア層 560 は、バックギャップ層 533 を介して、前記下部コア層 529 のハイト側と前記磁極端層 548 とを接続しており、上部コア層 560 が本発明の磁性層に相当する。

【0157】

なお上部磁極層 551 と上部コア層 560 と同じ材質で形成されていてもよいが、異なる材質で形成されるほうが好ましい。特に、上部コア層 560 が前記上部磁極層 551 の上層 551b よりも飽和磁束密度が低いことがより好ましい。上部コア層 560 の飽和磁束密度は例えば 1.4 T ~ 1.9 T、前記上部磁極層 551 の飽和磁束密度は例えば下層が 1.9 T から 2.4 T、上層が 1.4 T から 1.9 T である。

【0158】

前記上部コア層 560 の飽和磁束密度が前記上部磁極層 551 の飽和磁束密度よりも低いと、上部コア層 560 からの洩れ磁界で磁気記録することを防ぐことが容易になる。

【0159】

図 17 に示すように前記磁極層 62 のトラック幅方向（図示 X 方向）における両側には前記コイル絶縁層 536 上から持ち上げ層 572 が形成されている。前記持ち上げ層 572 は導電性を有し、図 17 に示すように前記持ち上げ層 572 は前記接続層 561 の上に形成されており、前記持ち上げ層 572 と前記接続層 561 の上面とが電氣的に接続された状態になっている。

【0160】

図 16 及び図 17 に示すように前記上部コア層 560 の上には、例えば Al_2O_3 などの絶縁材料で形成された絶縁層 558 が形成されている。前記絶縁層 558 は無機絶縁材料で形成されていることが好ましい。この絶縁層 558 は前記上部コア層 560 のトラック幅方向（図示 X 方向）の両側に広がるコイル絶縁層 536 上にも形成されている。また図 17 に示すように、前記絶縁層 558 のトラック幅方向（図示 X 方向）における両側端部上から前記上部コア層 560 のトラック幅方向における両側にかけてレジストなどの有機絶縁材料で形成された絶縁層 563 が形成されている。この絶縁層 563 は前記持ち上げ層 572 の周囲にも形成されている。

【0161】

無機絶縁材料で形成された絶縁層 558 はスパッタ法などで形成され、前記絶縁層 558 を有機絶縁材料で形成された絶縁層 563 に比べて薄い膜厚で形成することができるため、上部コア層 560 と次に説明する第 2 コイル片 556 とを距離的に近づけることができ磁化効率を向上させることができるとともに、前記上部コア層 560 のトラック幅方向における両側で、前記上部コア層 560 と第 2 コイル片 556 間の絶縁を良好に保つことが可能である。

【0162】

図 16、図 17 に示すように前記絶縁層 558、563 の上に、トラック幅方向（図示 X 方向）からハイト方向（図示 Y 方向）に傾斜して延び、且つ互いに平行に形成された複数本の第 2 コイル片 556 がハイト方向に並んで形成されている。各第 2 コイル片 556 はトラック幅方向（図示 X 方向）に平行な方向に延びて形成されていてもよい。前記第 1 コイル片 555 と第 2 コイル片 556 とは互いに非平行の関係にある。

【0163】

図 17 に示すように前記絶縁層 563 は前記持ち上げ層 572 の上面 572a のトラック幅方向（図示 X 方向）の両側端部上にまで被さっているが、前記持ち上げ層 572 の上面 572a の中央には設けられていない。前記絶縁層 563 には、前記持ち上げ層 572 の上面 572a の中央上に穴部 563a が設けられている。この穴部 563a は前記絶縁層 563 がレジストで形成されるとき、前記レジストを前記持ち上げ層 572 の上面全体に塗布された後、露光現像によって形成される。

【0164】

そして図 17 に示すように、前記第 2 コイル片 556 のトラック幅方向（図示 X 方向）における端部 556a は、前記持ち上げ層 572 の上面 572a に前記絶縁層 563 に設けられた穴部 563a を通って形成され、前記第 2 コイル片 556 の前記端部 556a と前記持ち上げ層 572 とが電氣的に接続された状態になっている。

【0165】

なお図 17 の図示右側に示した点線の接続層 561 及び持ち上げ層 572 は、図面上見えている第 1 コイル片 555 の一つ後ろ側（図示 Y 方向）に位置する第 1 コイル片 555 の右側端部と、図面上見えている第 2 コイル片 556 の右側端部 556b とを電氣的に接続している。

【0166】

このように図 16 に示す薄膜磁気ヘッドには、前記上部コア層 560 の膜厚方向の上下で対向する第 1 コイル片 555 のトラック幅方向における端部と第 2 コイル片 556 のトラック幅方向における端部とが接続層 561 及び持ち上げ層 572 を介して電氣的に接続されてトロイダル状のコイル構造 557 が形成されている。

【0167】

なお図 16 に示す符号 561 の層は Al_2O_3 など形成された保護層であり、また図 16 に示す符号 559 の層は引出し層である。前記引出し層 559 は最もハイト寄りに形成された第 2 コイル片 556 と一体に繋がって形成されている。

【0168】

コイル層 557 に記録電流が与えられると、下部コア層 529 及び上部コア層 560 に記録磁界が誘導され、ギャップ層 550 を介して対向する下部磁極層 549 及び上部磁極層 551 間に漏れ磁界が発生し、この漏れ磁界により、ハードディスクなどの記録媒体に磁気信号が記録される。

【0169】

図 16 に示す薄膜磁気ヘッドでも、複数本の第 1 コイル片 555 が、前記下部コア層 529、磁極端層 548 及びバックギャップ層 533 で囲まれた空間内に形成されている。

【0170】

前記第 1 コイル片 555、接続層 561、持ち上げ層 572 及び第 2 コイル片 556 を有するトロイダル状のコイル構造 557 が形成されている。

【0171】

よって図 17 に示すように、前記第 2 コイル片 556 の前記端部 556a は前記持ち上げ層 572 の形成によって上方に持ち上げられ、従来に比べて前記第 2 コイル片 556 の前記端部 556a が下方へ屈曲して形成されにくくなる。すなわち前記第 2 コイル片 556 をパターン形成するために使用されるレジストを従来に比べて平坦な面上に形成できるため、前記レジストに前記第 2 コイル片 556 のパターンを露光現像で形成するときに高精度に前記パターンを形成でき、前記第 2 コイル片 556 の前記端部 556a となるべきパターンの部分がレジスト抜けし難いといったことが無くなり、前記第 2 コイル片 556 の前記端部 556a と前記持ち上げ層 572 の上面 572a とを確実に容易に電氣的に接続させることが可能になっている。

【0172】

また前記持ち上げ層 572 の形成により前記第 2 コイル片 556 の前記端部 556a が持ち上がることで、前記第 2 コイル片 556 の前記端部 556a と前記上部コア層 560 間の絶縁性を良好に保つことができる。

【0173】

ところで前記持ち上げ層 572 は導電性を有する材料で形成されることが必要不可欠であるが、本発明実施の形態では、前記上部コア層 560 と同じ材料で構成される。また、前記上部コア層 560 の上面と前記持ち上げ層 572 の上面とは同じ高さ位置になっている。

【0174】

前記持ち上げ層 572 は前記上部コア層 560 の形成と同じ工程時に形成される。すなわち前記コイル絶縁層 536 及び接続層 561 上にレジスト層を塗布した後、このレジスト層に露光現像によって前記上部コア層 560 のパターンを形成すると同時に前記持ち上げ層 572 のパターンを形成し、前記上部コア層 560 と前記持ち上げ層 572 をメッキ成長させていくのである。

【0175】

このため図3では前記上部コア層560と持ち上げ層572とを同じ工程時に形成できるから前記持ち上げ層572の形成が非常に容易である。

【0176】

ただし、前記持ち上げ層572は前記上部コア層560と別の工程で形成することもできるため導電性に優れた材料を用いて前記持ち上げ層572の形成を行うことも可能である。例えば前記持ち上げ層572はCu、FeNi、Ni、Au、FeCo、FeCoRh、FeCoNiから選ばれた1層あるいは2層以上の層を主体として形成されることが好ましい。これらの材質はメッキ形成ができるとともに導電性に優れている。

【0177】

ただし上記した材質はいずれも大気暴露によって酸化しやすい性質を有している。前記持ち上げ層572の上面572aは前記第2コイル片556を形成する前に一旦、大気暴露され、前記上面572aを含めた近傍が酸化される恐れがあるため、前記CuやFe、Coを含む層の上にNi、CuNi、NiPから選ばれた1層あるいは2層以上の保護膜をメッキ形成しておくことが好ましい。

【0178】

なお、前記上部コア層560の平面形状は図5に示された上部コア層42と同様である。

【0179】

本実施の形態では、上部コア層560と磁極端層548の上部磁極層551の材料を異ならせることによって、上部磁極層551のみ高飽和磁束密度を有する材料で形成し、上部コア層560を上部磁極層551より飽和磁束密度の小さな材料で形成することができる。また、高飽和磁束密度を有する上部磁極層551や下部磁極層549は、Gd決め層538の後方には形成されないの、磁束密度を適度に調節でき、磁極端層548の両側部からの磁束の洩れが少なくなり、磁気ヘッドのS/N比が向上する。

【0180】

また、上部コア層560の前端面560aを記録媒体との対向面よりも、ハイト方向後方に後退させることによって上部コア層560からの磁束の洩れをさらに低減できる。

【0181】

また、本実施の形態では、上部コア層560の上の第2コイル片556の膜厚 t_1 を第1コイル片555の膜厚 t_2 より大きくし、また、前記第2コイル片の電流が流れる方向と直交する第1の方向の長さ寸法 W_2 を、前記第1コイル片の前記第1の方向の長さ寸法 W_1 よりも大きくして、抵抗値を低減できる。すなわち、前記コイル層557の発熱を低減することができ、磁極端部548周辺の記録媒体側への突出を低減できる。

【0182】

図16及び図17に示された磁気ヘッドは、磁極端部548上とバックギャップ層533上間を平坦形状の上部コア層560で結んで磁路長を形成するため、上部コア層が盛り上がり形成される磁気ヘッドに比べて磁路長を短くできる。また、上部コア層560が平坦形状を有していると、コイル層557から発生するジュール熱を磁気ヘッドの外部に効率よく放出することができる。

【0183】

さらに、コイル層557は、上部コア層560を軸として巻回するトロイダルコイル構造を有している。

【0184】

このため磁気ヘッドを構成するコイル層557のターン数を少なくとも一定の記録特性を維持することができ、ターン数を減らせることでコイル抵抗を低減できるから磁気ヘッドの駆動時においても磁気ヘッドの発熱を抑えることができる。

【0185】

磁気ヘッドの発熱を抑えることができると、磁極端部548周辺が記録媒体との対向面Fから突き出す等の問題を抑制することができる。

【0186】

さらにコイル層 557 を覆うコイル絶縁層 536 に無機絶縁材料を用いることによって磁気ヘッドの熱膨張係数を低減させることができる。

【0187】

図 18 は本発明における第 7 実施形態の薄膜磁気ヘッドの部分正面図であり、薄膜磁気ヘッドを構成する MR ヘッド、保護層 561 等を図面から削除し、最も記録媒体との対向面側に形成された第 1 コイル片及び第 2 コイル片並びに磁極端部と、これらの層と膜厚方向で対向する各層の構造を示したものである。

【0188】

図 18 に示す薄膜磁気ヘッドでは、基準面 A よりも下の層の構成は図 17 と同じである。すなわち下部コア層 529、磁極端層 548 及びバックギャップ層 533 に囲まれた空間内に複数本の第 1 コイル片 555 が設けられ、この第 1 コイル片 555 のトラック幅方向（図示 X 方向）における端部 555a から突出形成された接続層 561 の上面 561a が、前記磁極端層 548 の上面、コイル絶縁層 536 の上面及びバックギャップ層 533 の上面と同一平面上で形成されている。

【0189】

図 18 では前記上部コア層 560 は平坦化面の磁極端層 548 の上面、コイル絶縁層 536 の上面及びバックギャップ層 533 の上面に所定形状で高精度に形成されており、さらに前記上部コア層 560 のトラック幅方向（図示 X 方向）の両側には、前記下側接続層 561 と電気的に接続する持ち上げ層 572 が形成されている。

【0190】

図 18 に示すように前記持ち上げ層 572 は 2 つの持ち上げ層が段差を介して積層された構成である。前記持ち上げ層 572 のうち下側の持ち上げ層 570 は前記上部コア層 560 を構成する材料でメッキ形成されている。あるいは前記下側の持ち上げ層 570 は Cu、FeNi、Ni、Au、FeCo、FeCoRh、FeCoNi から選ばれた 1 層あるいは 2 層以上の層の上に Ni、CuNi、NiP から選ばれた 1 層あるいは 2 層以上の保護膜が形成された積層構造であってもよい。

【0191】

前記下側の持ち上げ層 570 上に段差を介して積層された上側の持ち上げ層 571（以下、持ち上げ調整層という）は前記持ち上げ層 572 全体の高さを調整する機能を有し、図 18 に示すように下側の持ち上げ層 570 の上に持ち上げ調整層 571 を設けることで前記持ち上げ層 572 の上面 572a の高さを前記上部コア層 560 の上面 562a の高さよりも高くしている。

【0192】

前記持ち上げ調整層 571 は導電性を有し且つメッキ形成可能な材質で形成される。前記持ち上げ調整層 571 は Cu、FeNi、Ni、Au、FeCo、FeCoRh、FeCoNi から選ばれた 1 層あるいは 2 層以上の層であることが好ましい。また Cu や Co、Ni を含む層を主体とし、その上に Ni、CuNi、NiP から選ばれた 1 層あるいは 2 層以上の保護膜が形成された構造であってもよい。

【0193】

前記下側の持ち上げ層 570 の下面と前記接続層 561 の上面及び前記下側の持ち上げ層 570 の上面 570a と持ち上げ調整層 571 の下面は電気的に接続された状態になっている。

【0194】

図 18 に示すように持ち上げ層 572 を 2 段構造にする利点は、前記持ち上げ層 572 の上面 572a の高さを前記上部コア層 560 の上面 562a よりも容易に高くすることができることである。前記持ち上げ調整層 571 は前記下側の持ち上げ層 570 を形成した後、別工程で前記下側の持ち上げ層 570 上にメッキ形成することで形成される。

【0195】

前記持ち上げ層 572 の上面 572a の高さを前記上部コア層 560 の上面 560a の高さよりも高く形成することで前記上部コア層 560 の上面及び側面を覆う絶縁層 573

(無機絶縁材料で形成されることが好ましい)の上面573aを図示X-Y平面と平行な平坦化面で形成できるため、前記第2コイル片556を前記平坦化面上に形成できる結果、前記第2コイル片556を高精度にパターン形成でき、前記平坦化面から露出する前記持ち上げ層572の上面572aに前記第2コイル片556の端部556a、556bを確実に容易に電氣的に接続させることができる。また前記上部コア層560の上面562aよりも背の高い持ち上げ層572を形成することで、前記第2コイル片556と前記上部コア層560間の絶縁性をより高めることが可能になる。

【0196】

前記持ち上げ層572の上面572aを前記上部コア層560の上面560aよりも高く形成するには図18のような構造以外に図19のような構造でも達成することができる。

【0197】

図19に示す薄膜磁気ヘッドの構造では、前記上部コア層560のトラック幅方向(図示X方向)の両側のコイル絶縁層536上から形成された持ち上げ層572は、下面から上面572aにかけて膜面方向(図示X-Y平面と平行な方向)への面積が一定で、導電性を有する材料の単層あるいは多層構造であり、図19のように前記持ち上げ層572の上面572aは前記上部コア層560の上面560aよりも高い位置にある。図19における持ち上げ層572は、Cu、FeNi、Ni、Au、FeCo、FeCoRh、FeCoNiから選ばれた1層あるいは2層以上の多層でメッキ形成されることが好ましく、またより好ましくはCu、FeNi、Ni、Au、FeCo、FeCoRh、FeCoNiから選ばれた1層あるいは2層以上の多層を主体とし、この層上にNi、CuNi、NiPから選ばれた1層あるいは2層以上の保護膜が形成された積層構造である。

【0198】

従って図19に示す薄膜磁気ヘッドにおいても、前記第2コイル片556を前記平坦化面上に形成できる結果、前記第2コイル片556を高精度にパターン形成でき、前記平坦化面から露出する前記持ち上げ層572の上面572aに前記第2コイル片556の端部556a、556bを確実に容易に電氣的に接続させることができる。また前記上部コア層560の上面560aよりも高い持ち上げ層572を形成することで、前記第2コイル片556と前記上部コア層560間の絶縁性をより高めることが可能になる。

【0199】

図18と図19に示された前記持ち上げ層572の製造方法は、図7と図8の前記持ち上げ層72の製造方法と同じである。

【0200】

以上、詳述した本発明における薄膜磁気ヘッドは、例えばハードディスク装置などに搭載される磁気ヘッド装置に内蔵される。前記薄膜磁気ヘッドは浮上式磁気ヘッドあるいは接触式磁気ヘッドのどちらに内蔵されたものでもよい。また前記薄膜磁気ヘッドはハードディスク装置以外にも磁気センサ等に使用できる。

【図面の簡単な説明】

【0201】

【図1】本発明における第1の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す縦断面図、

【図2】図1に示す薄膜磁気ヘッドの部分正面図、

【図3】図2に示す磁極層の一部と持ち上げ層とを拡大し、これらの層を記録媒体との対向面と平行な方向から切断したときの部分拡大断面図、

【図4】図1に示す薄膜磁気ヘッドのコイル層のコイル形状を示す部分平面図、

【図5】図1に示す薄膜磁気ヘッドの部分拡大斜視図、

【図6】本発明における第2の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分正面図、

【図7】本発明における第3の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分正面図、

【図8】本発明における第4の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分正面図

- 、
- 【図 9】本発明における第 5 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す縦断面図、
- 【図 1 0】本発明における第 5 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分正面図、
- 【図 1 1】本発明の薄膜磁気ヘッドのコイル層のコイル形状を示す部分平面図、
- 【図 1 2】本発明の薄膜磁気ヘッドのコイル層のコイル形状を示す部分平面図、
- 【図 1 3】本発明の薄膜磁気ヘッドのコイル層のコイル形状を示す部分平面図、
- 【図 1 4】本発明の薄膜磁気ヘッドのコイル層のコイル形状を示す部分平面図、
- 【図 1 5】本発明の薄膜磁気ヘッドのコイル層のコイル形状を示す部分平面図、
- 【図 1 6】本発明における第 6 実施形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分縦断面図、
- 【図 1 7】図 1 6 に示す薄膜磁気ヘッドの部分正面図
- 【図 1 8】本発明における第 7 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分正面図、
- 【図 1 9】本発明における第 8 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分正面図、
- 【図 2 0】特許文献 2 や特許文献 3 の記載から推測した従来の薄膜磁気ヘッドの部分正面図、

【符号の説明】

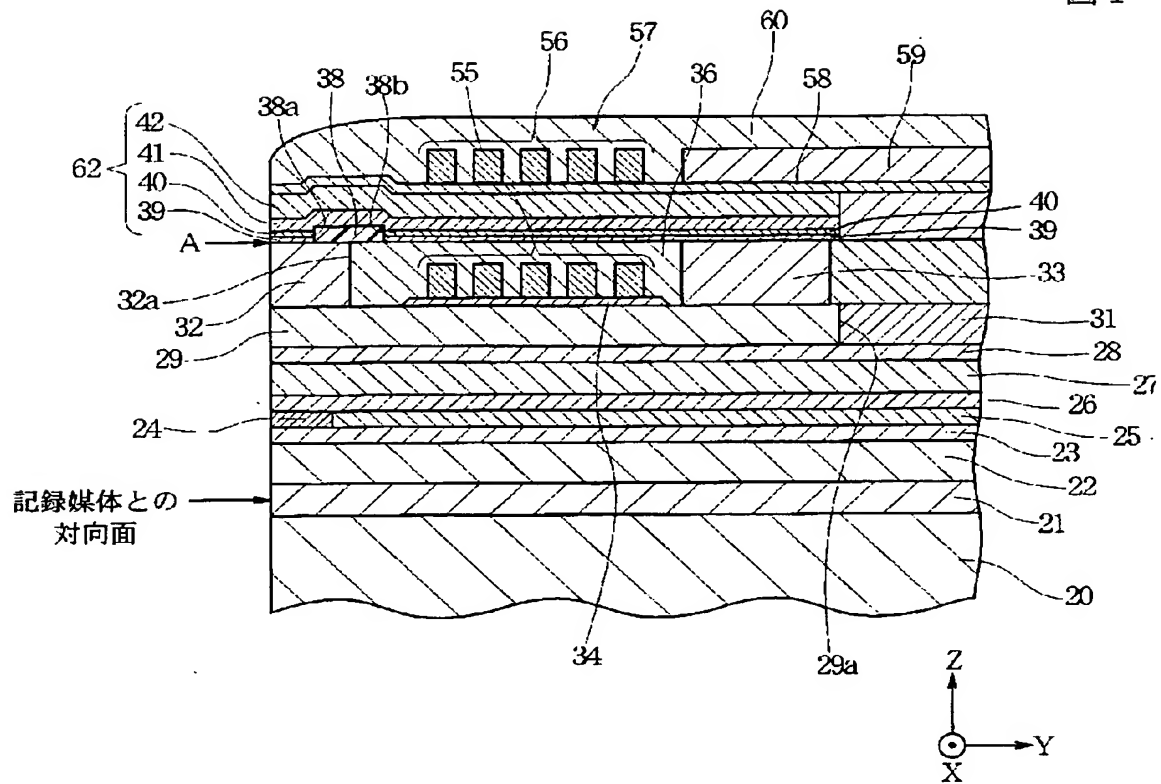
【0 2 0 2】

- 2 9 下部コア層
- 3 2 隆起層
- 3 3 バックギャップ層
- 3 6 コイル絶縁層
- 5 5 第 1 コイル片
- 5 6 第 2 コイル片
- 5 8、6 3、7 3 絶縁層
- 6 1 接続層
- 6 2 積層体
- 7 0 下側の持ち上げ層
- 7 1 持ち上げ調整層
- 7 2 持ち上げ層

【書類名】 図面

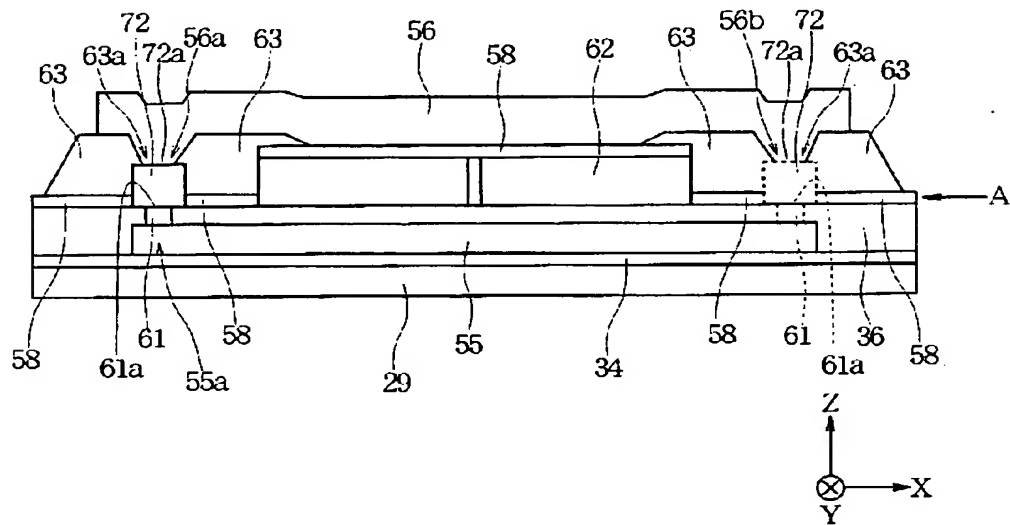
【図 1】

图 1

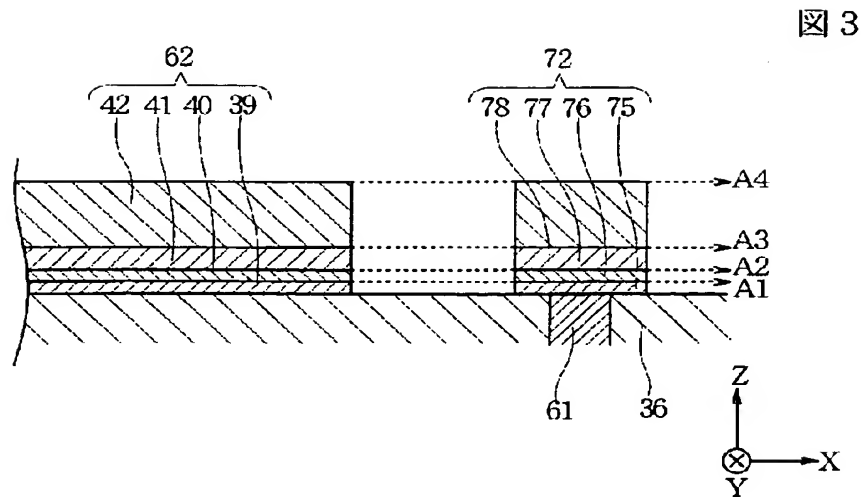


【圖 2】

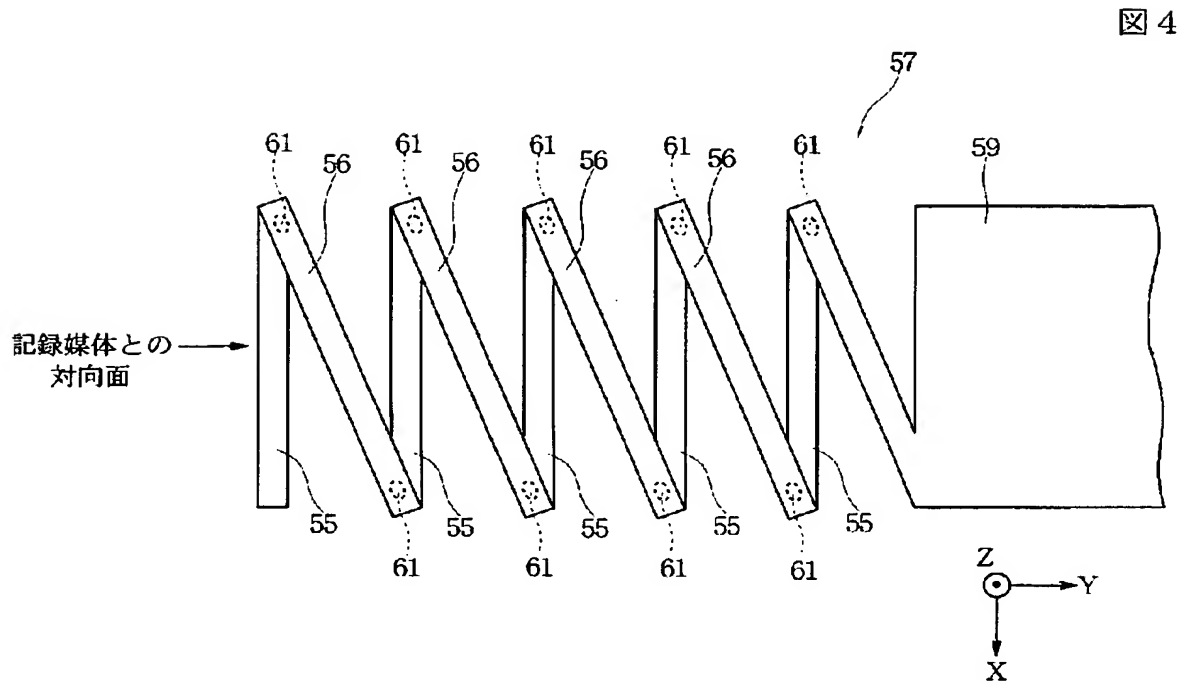
图 2



【図 3】

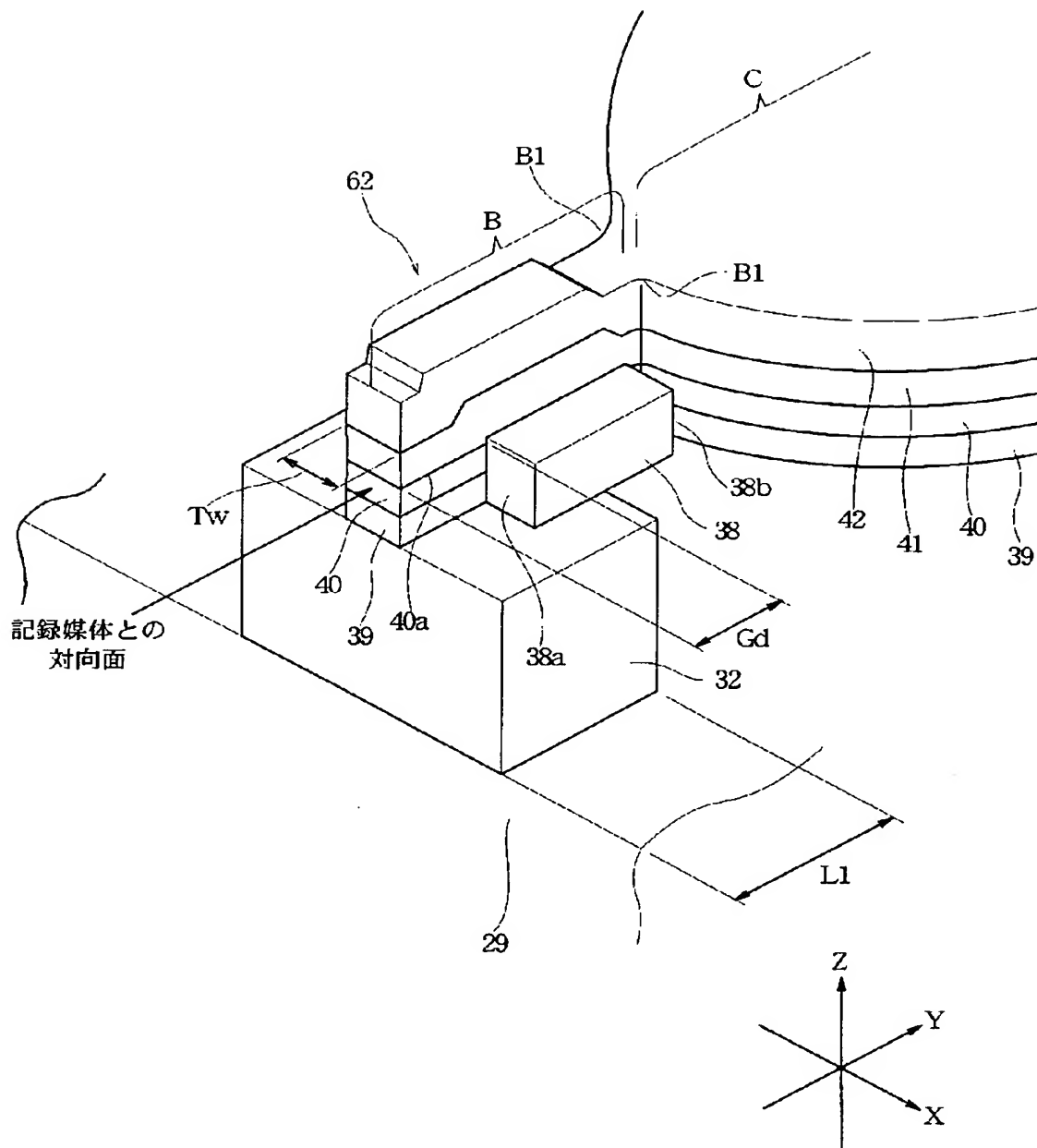


【図 4】



【図 5】

图 5



【圖 6】

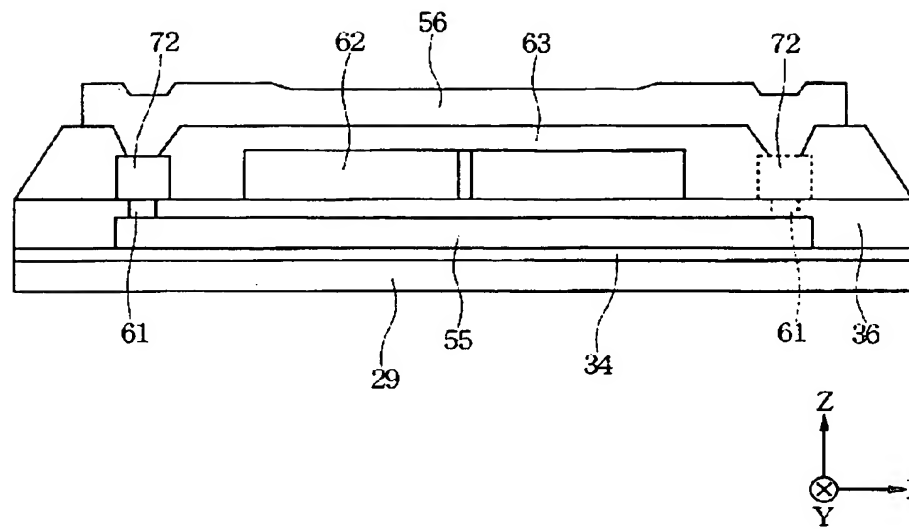


图 6

【図 7】

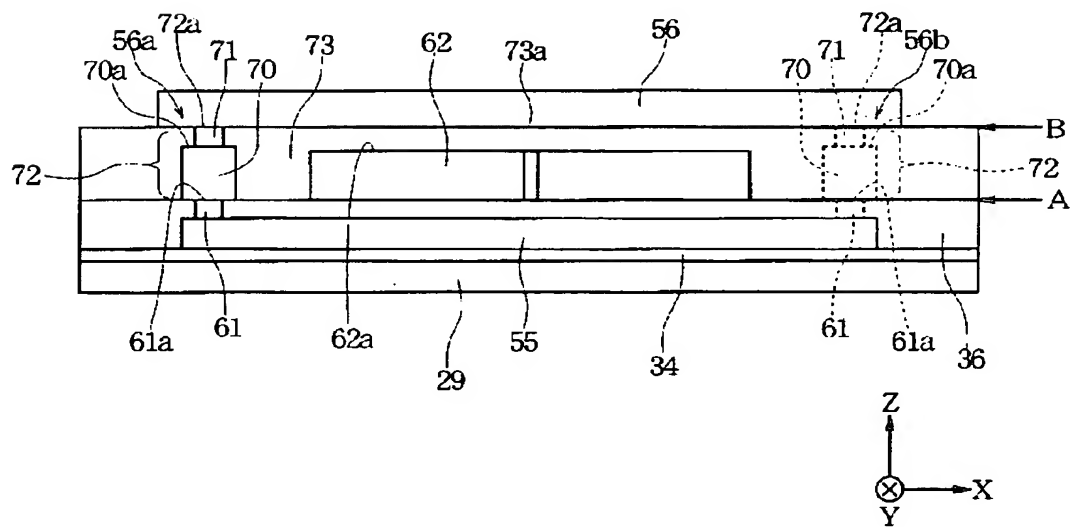
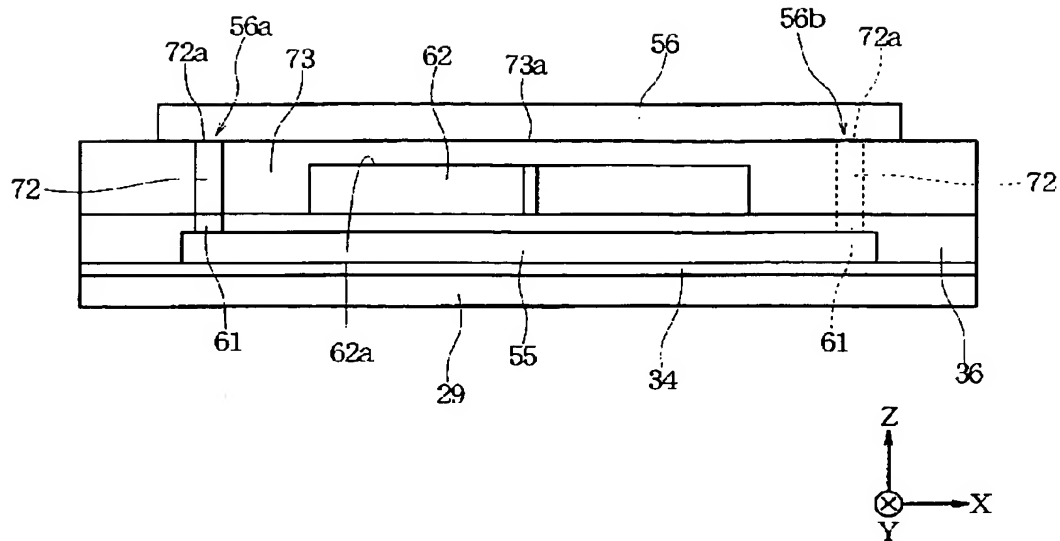


图 7

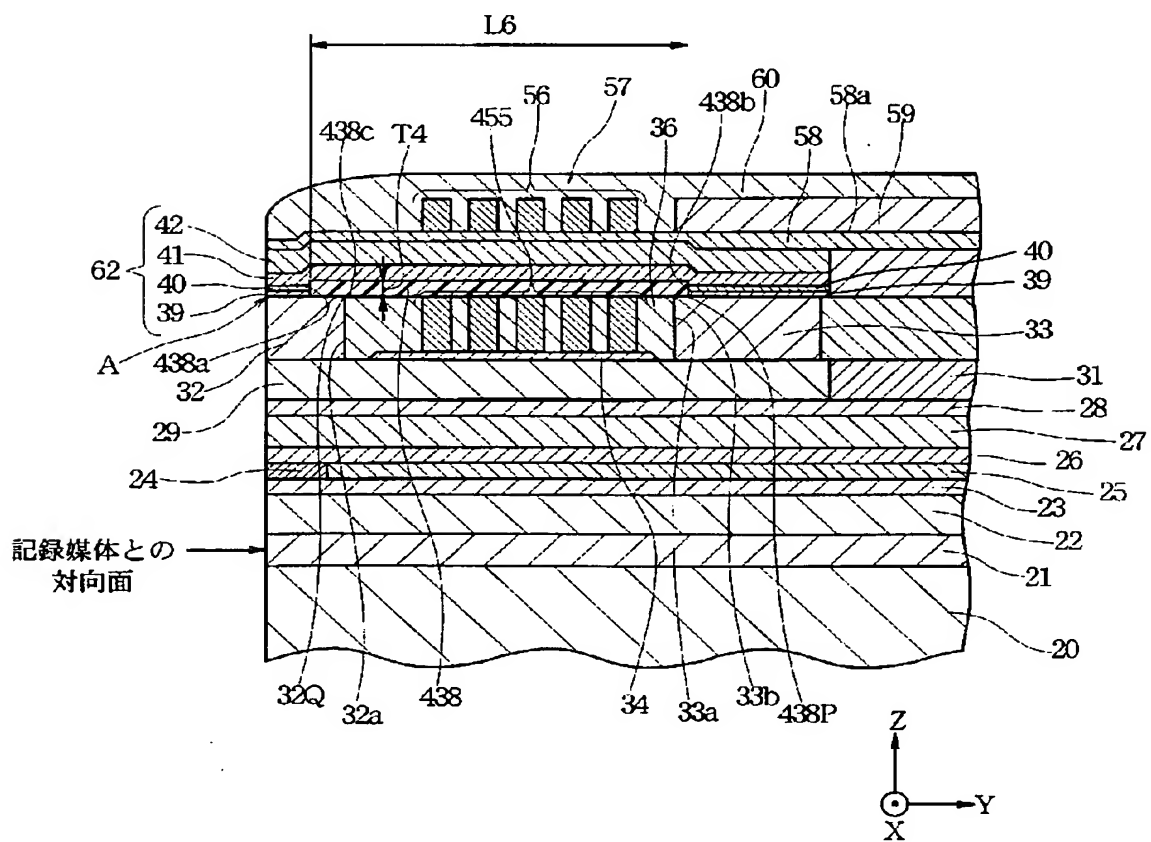
【図 8】

図 8



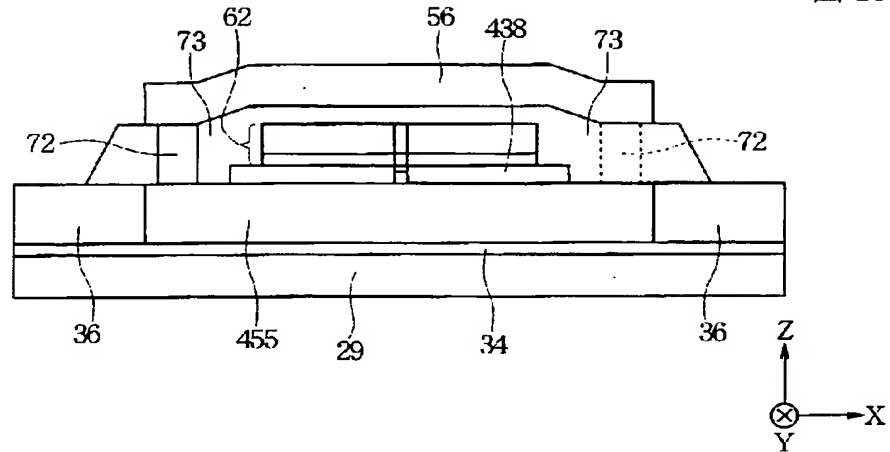
【図 9】

図 9



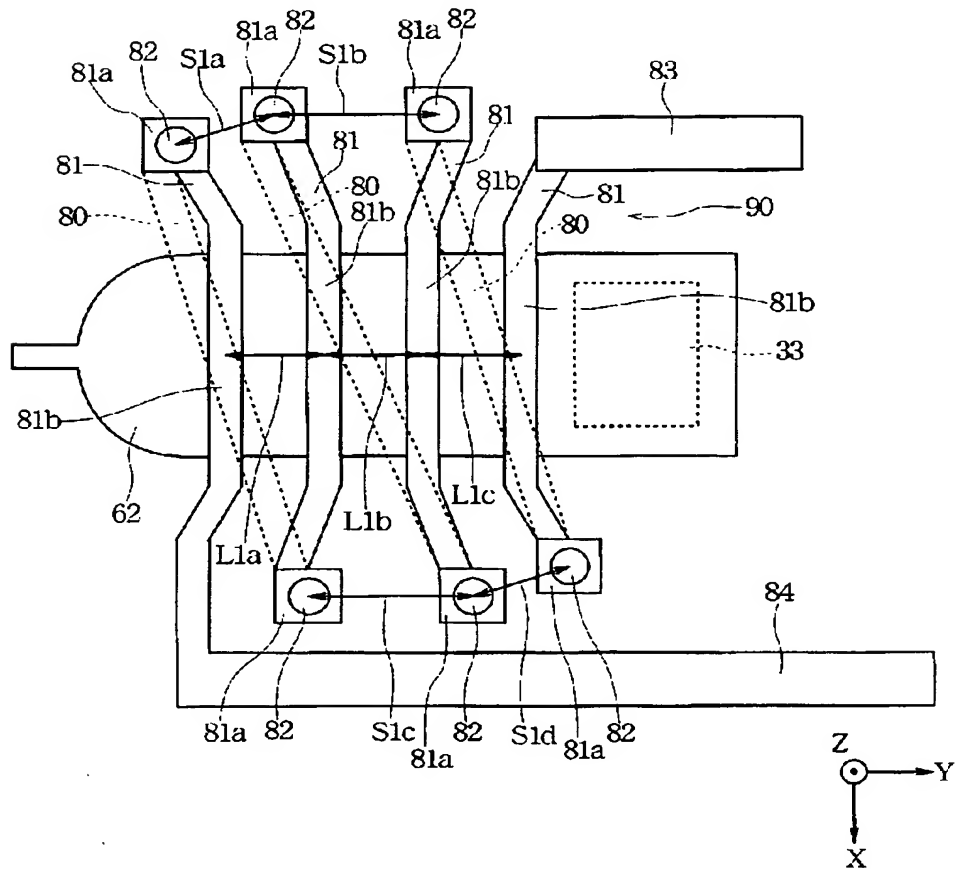
【図 10】

図 10



【図 11】

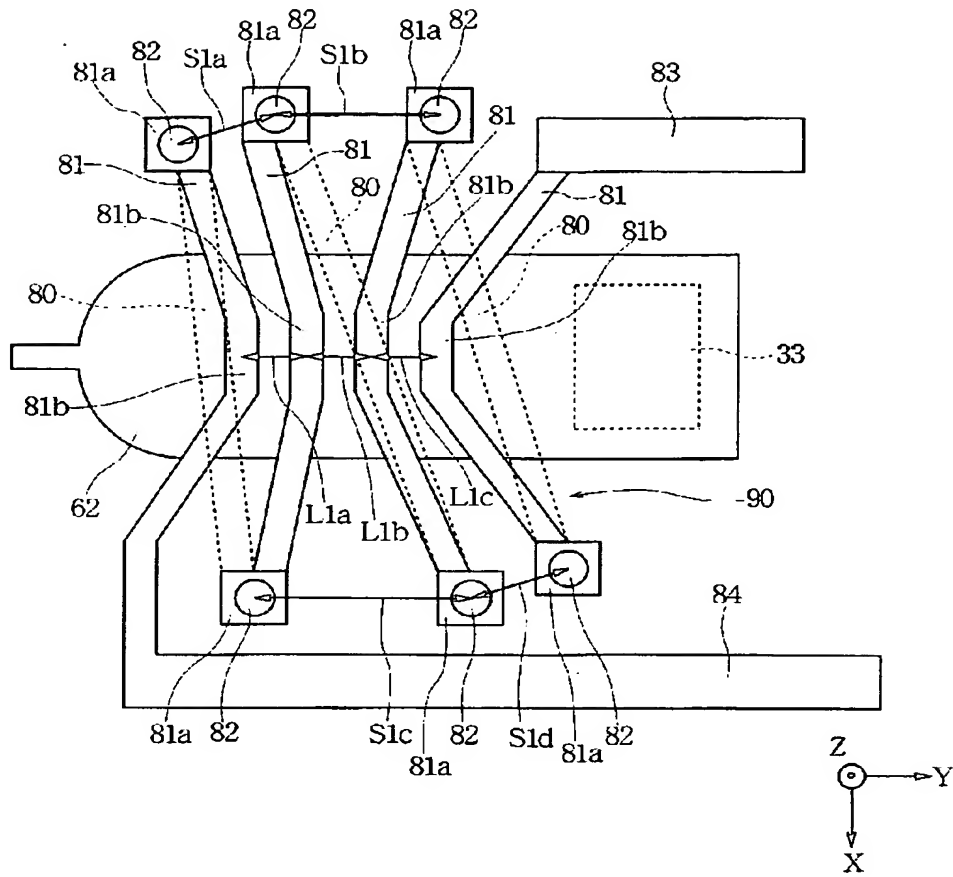
図 11





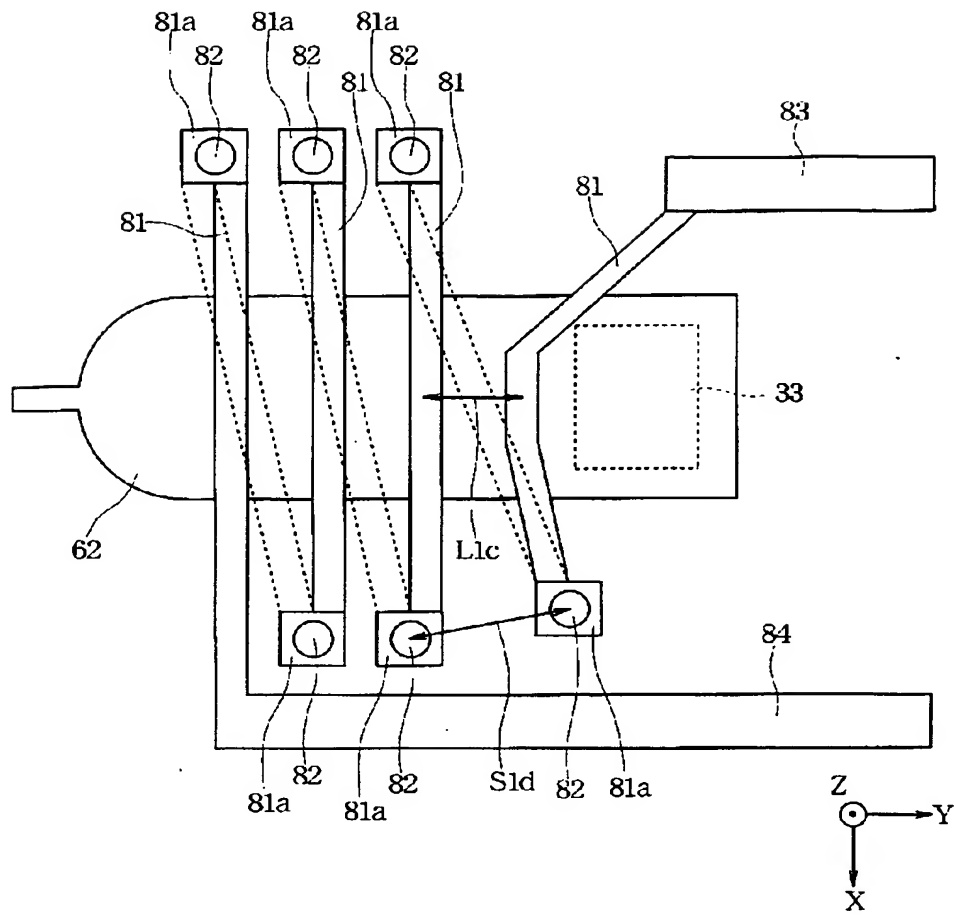
【図 12】

図 12



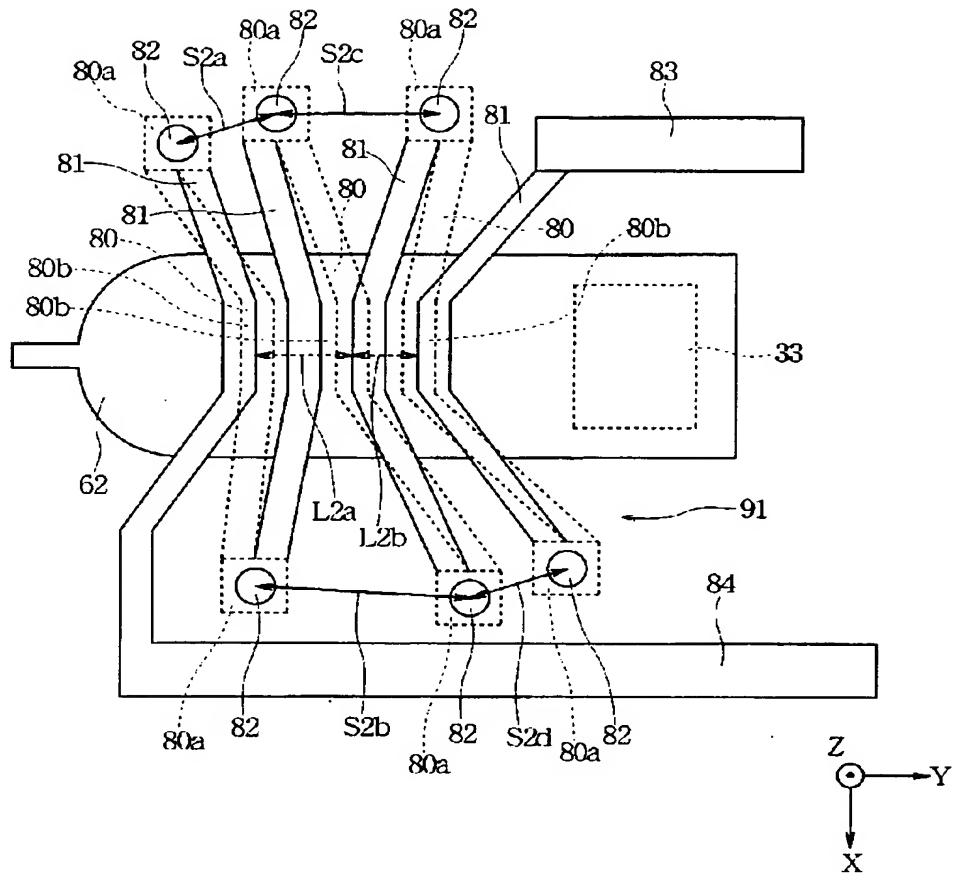
【図 13】

図 13



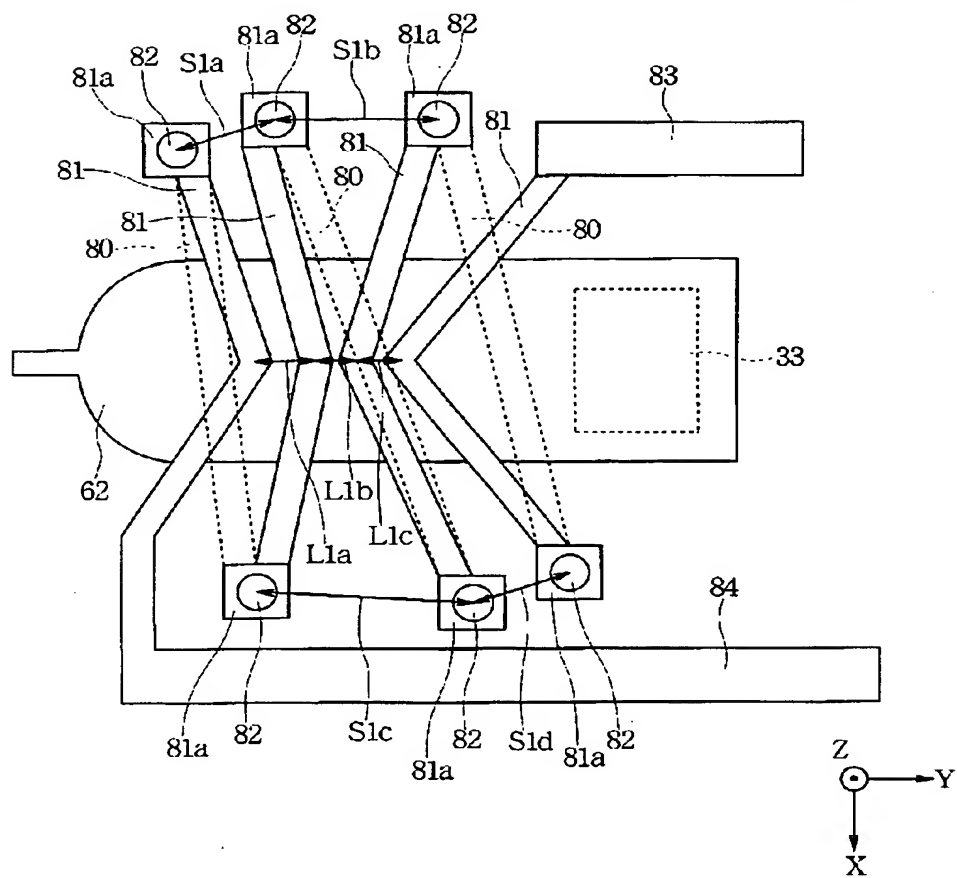
【図 14】

図 14



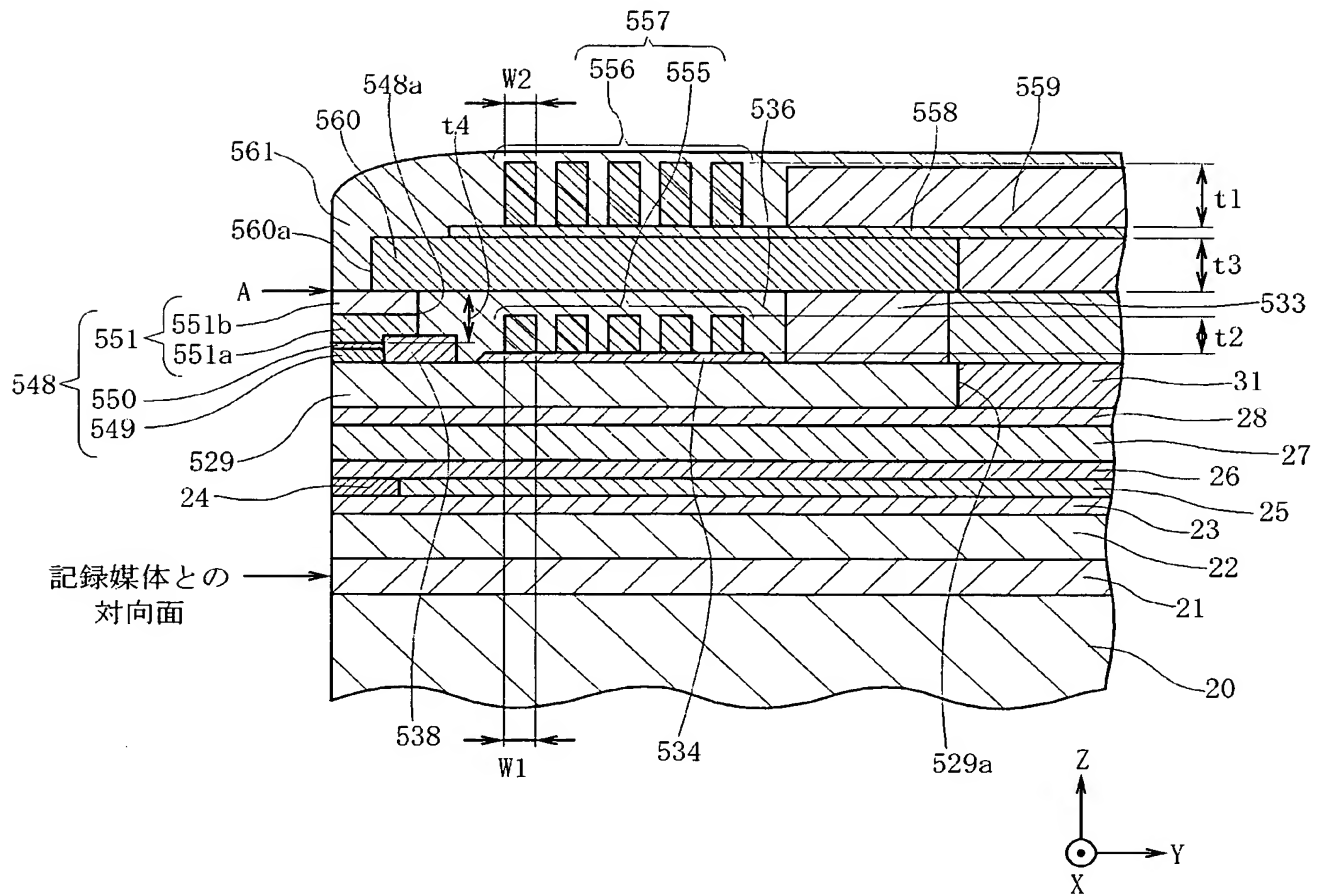
【図 15】

図 15



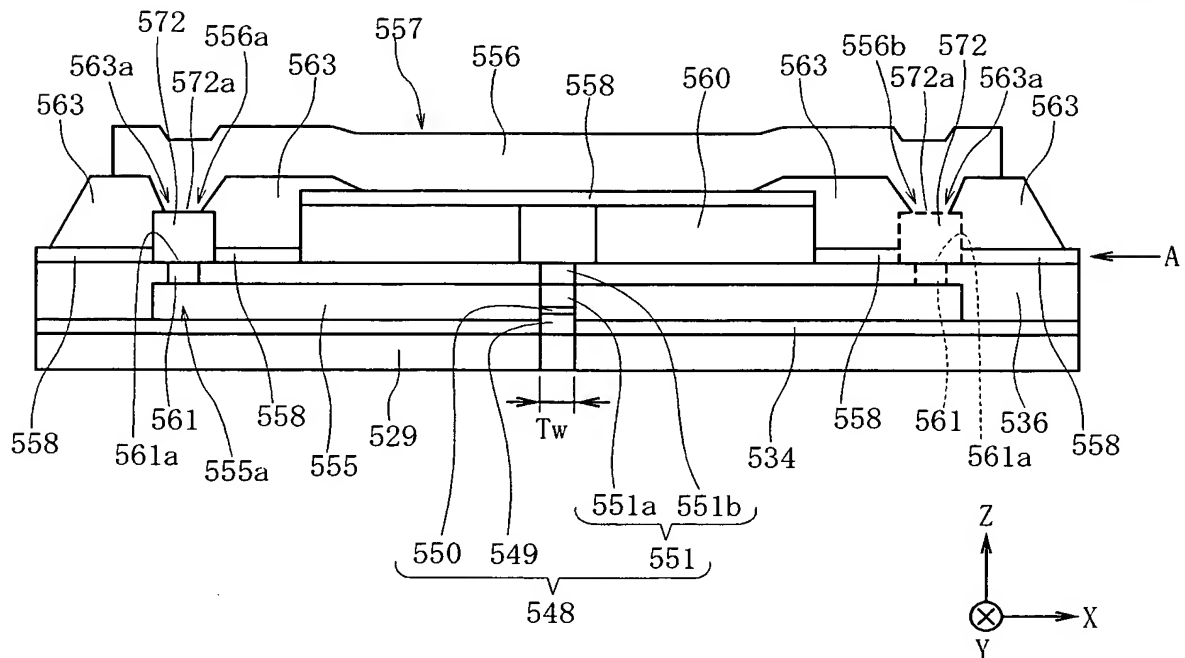
【図 16】

図16



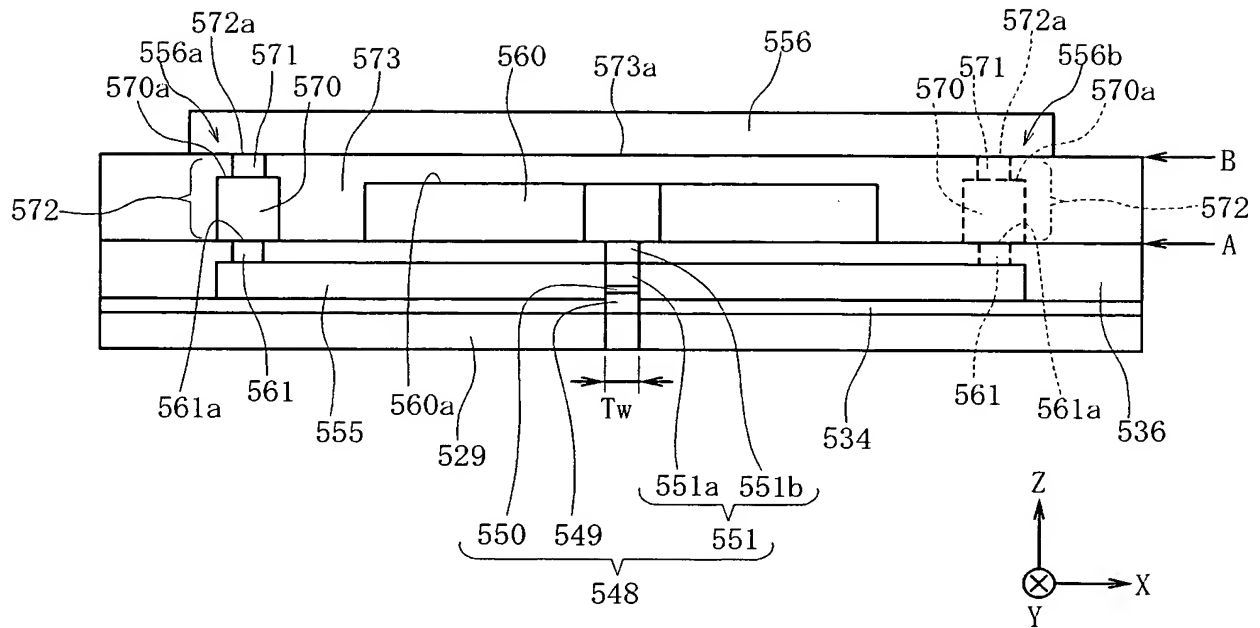
【図 17】

図17



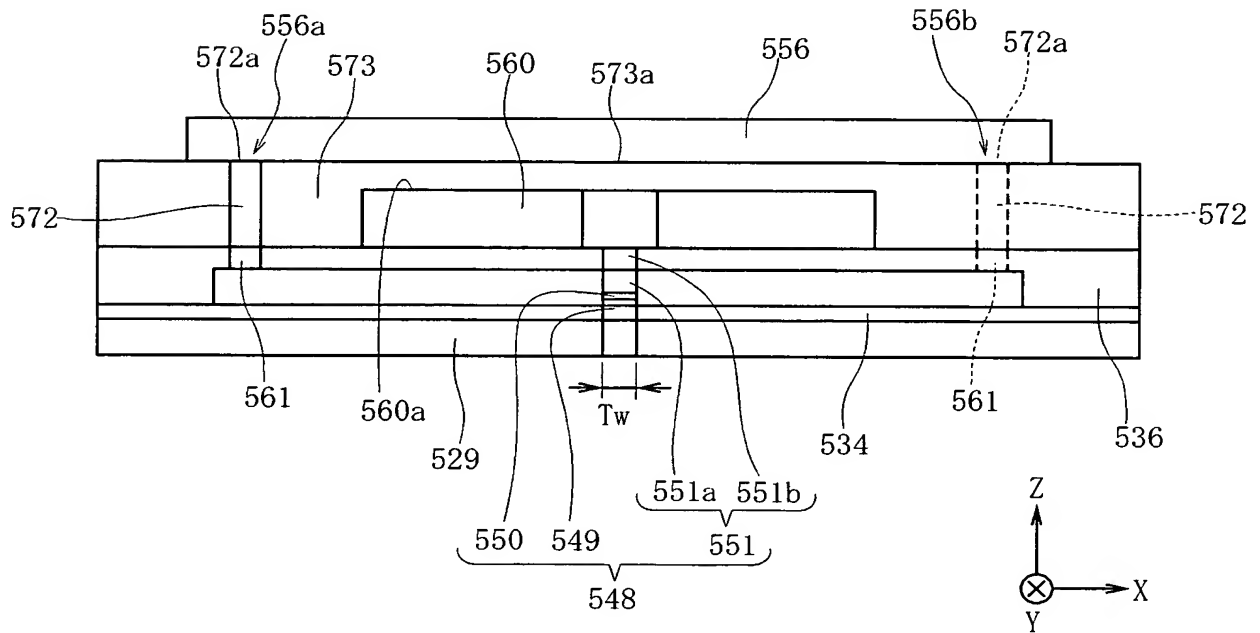
【図 18】

図18



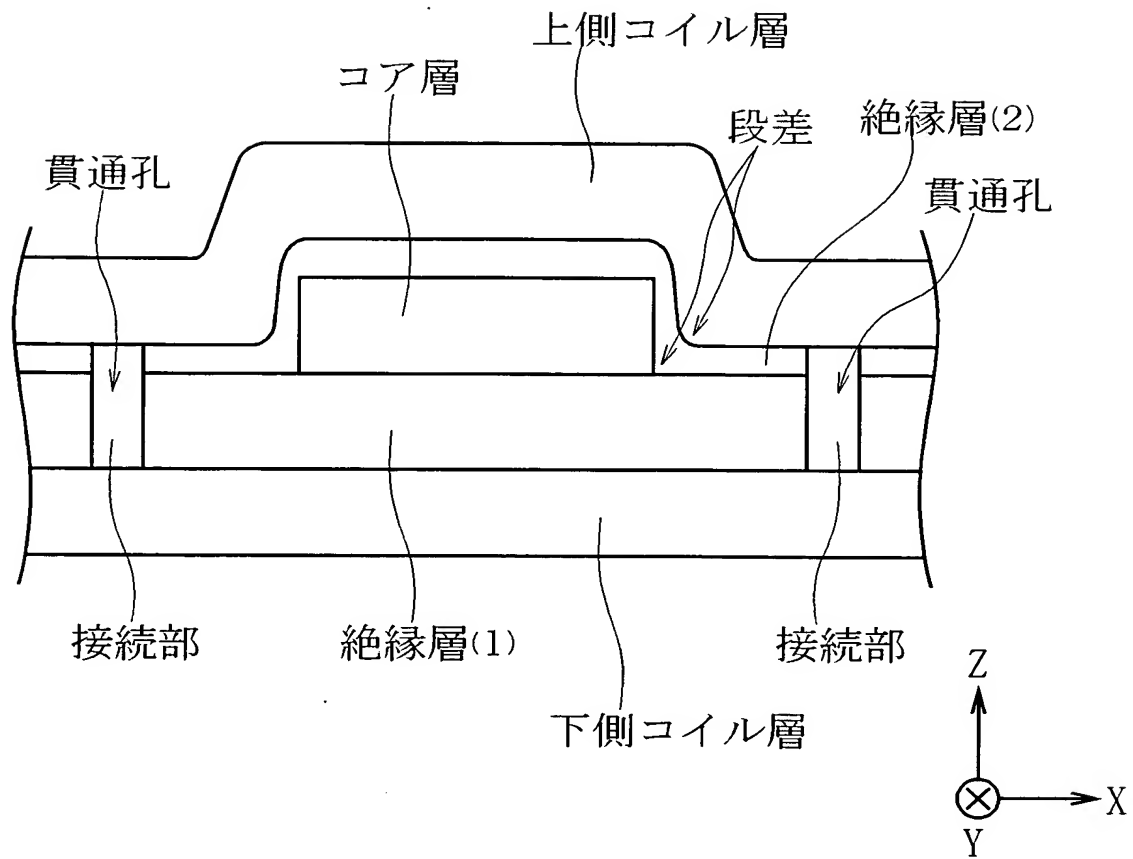
【図 19】

図19



【図 20】

図20



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 磁極層を挟んで上下に形成される第 1 コイル片と第 2 コイル片との電氣的な接続を確実且つ容易に行うことができるとともに、前記第 2 コイル片と前記磁極層間の絶縁性を良好に保つことが可能な薄膜磁気ヘッドを提供。

【解決手段】 媒体対向面でトラック幅を規制する積層体 6 2 の両側に設けられたコイル絶縁層 3 6 上から持ち上げ層 7 2 を形成し、この持ち上げ層 7 2 の上面 7 2 a と第 2 コイル片 5 6 のトラック幅方向における端部とを電氣的に接続している。従って、第 2 コイル片 5 6 の端部を前記持ち上げ層 7 2 の形成により従来よりも上方に持ち上げることができ、この結果、第 2 コイル片 5 6 を高精度にパターン形成でき、前記第 2 コイル片 5 6 の前記端部と前記持ち上げ層 7 2 の上面とを確実且つ容易に電氣的に接続させることが可能になっている。また前記第 2 コイル片 5 6 と前記積層体 6 2 間の絶縁性を良好に保つことができる。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 2 9 3 3 7 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 1 0 0 9 8]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号

氏 名

アルプス電気株式会社